This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

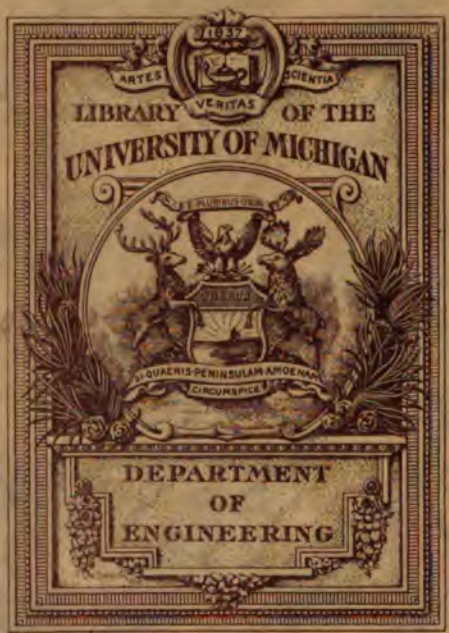
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

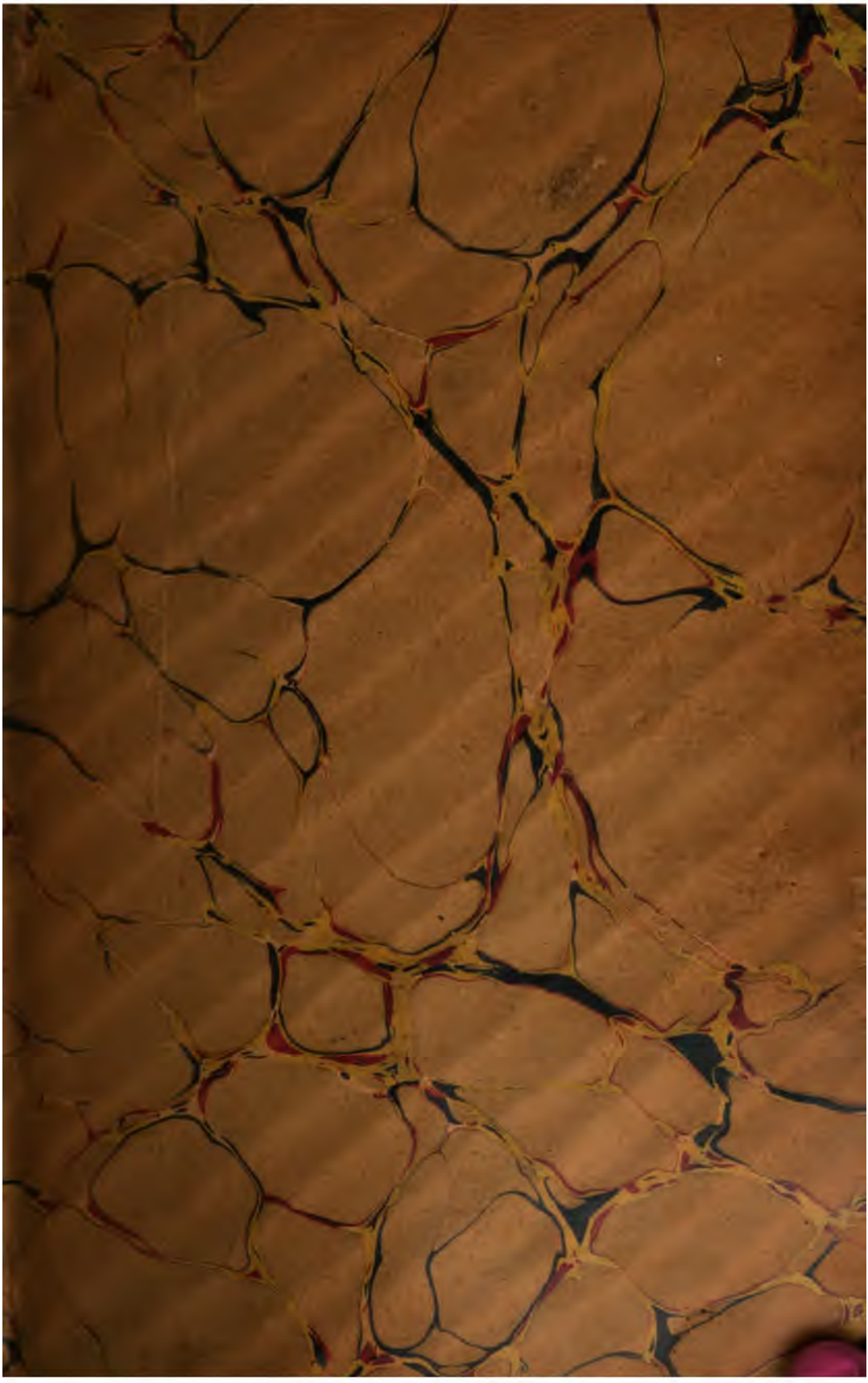
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

IMPRIMERIE DE GUIRAUDET ET JOUAUST,
338, RUE SAINT-HONORÉ.

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

ANNÉE 1848

Paris

RUE BUFFAULT, 26

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Mars, Avril et Mai 1848)

Cher Confrère,

Nous avons l'honneur de vous envoyer l'extrait des travaux de la Société centrale des ingénieurs civils, fondée le 4 mars 1848. Les circonstances exceptionnelles au milieu desquelles notre Société a pris naissance motiveront suffisamment à vos yeux le retard qu'a éprouvé cet envoi; elles justifieront aussi le caractère, plutôt politique que technique ou scientifique, qu'ont pris forcément nos délibérations pendant la période trimestrielle qui s'est écoulée depuis la fondation de notre Société.

Nous continuerons à marcher dans cette voie, parce qu'il importe, autant dans l'intérêt général que dans le nôtre, que la Société des ingénieurs civils fasse intervenir une influence trop long-temps méconnue dans les hautes questions qui s'agitent au sein de la société française.

Nous avons la confiance que les résultats déjà obtenus, malgré les difficultés inséparables de tout commencement, vous paraîtront un sûr garant de ceux que nous sommes en droit d'espérer pour l'avenir.

Toutefois, à mesure que la discussion des questions politiques deviendra plus calme et plus recueillie, à mesure que le capital et le travail, ces deux sources solidaires de la prospérité publique, reprendront leur cours normal, trop long-temps interrompu! la Société, sans abandonner les questions économiques

I 63336

qui long-temps encore préoccuperont les hommes sérieux, consacrera une large part de son temps aux problèmes spéciaux dont l'étude, imposée d'ailleurs par vos statuts, est aussi pour nous un devoir; car, suivant l'heureuse expression de nos confrères de l'Institut des ingénieurs civils anglais, « la mission de » l'ingénieur civil est de transformer, de régler et d'appliquer » les sources inépuisables de force que renferme la nature à » tous les emplois utiles au bien-être de l'humanité. »

Après ces courtes explications, nous résumerons brièvement les principaux travaux de la Société pendant les trois premiers mois de notre existence.

1° *Organisation de la Société.*

Vous avez reçu précédemment un exemplaire imprimé de nos statuts. Nous devons ajouter que, dans la séance du 18 mars, l'assemblée a décidé la suppression des articles 41, 42, 43, entraînant avec elle la suppression de l'article 66.

Le bureau et le comité définitif ont été nommés le 25 mars, au scrutin de liste, et ont été composés de la manière suivante :

Membres du bureau.

MM. Eugène Flachat, *président*; Ch. Callon et Dégousée, *vice-présidents;* Victor Bois et Scribe, *secrétaires;* Priestley, *trésorier*.

Membres du comité.

MM. Boudsot, Alcan, Pétiet, Laurens, Barrault, Nozo, le major Poussin, Grouvelle, Paul Séguin.

Le bureau et le comité se sont constitués le 30. En prenant possession du fauteuil, le président, après avoir remercié l'assemblée, a parlé des services qu'avaient rendus les élèves de l'école centrale à l'industrie en général, et la part importante que quelques uns de ses membres avaient prise à ses propres travaux.

Il a été enfin décidé que nos statuts seraient envoyés aux membres du gouvernement provisoire et aux ministres, et qu'une liste serait adressée aux membres de l'Institut des ingénieurs civils anglais pour leur offrir notre concours et solli-

citer le leur. Vous trouverez la copie de cette lettre parmi les annexes (pièce A).

2° *Question de l'organisation du travail.*

Cette question a vivement préoccupé notre Société; elle a pensé que, par leur position particulière dans la grande armée des travailleurs, les ingénieurs civils présentaient de sérieuses garanties de compétence et d'impartialité dans la discussion des problèmes sociaux, si complexes, qui ont été posés, d'abord devant la commission du Luxembourg, puis devant l'Assemblée nationale.

Nous n'entreprendrons point de résumer ici, même d'une manière succincte, les discussions qui ont eu lieu à ce sujet dans nos réunions; nous nous bornerons à vous dire que la Société a reconnu avant tout la nécessité d'être admise officiellement, par un ou plusieurs délégués, dans le sein de la commission créée par le gouvernement.

Les procès-verbaux de nos séances des 30 mars et 6 avril mentionnent les démarches qui ont été faites dans cette voie, près du président de la commission du Luxembourg. Mais la dissolution ultérieure de cette commission a rendu inutiles pour nous les résultats qui avaient été obtenus par nos délégués, MM. Degousée et Grouvelle.

La question des ateliers nationaux a préoccupé la Société dès les commencements de leur création; des démarches individuelles ont été faites par plusieurs d'entre nous pour que des travaux utiles fussent donnés à ces ouvriers, dont le nombre augmentait tous les jours. Nous avions surtout pour but le point de vue de l'intérêt public. Ces ateliers ont acquis, vous le savez, une importance malheureusement toujours croissante. La Société centrale des ingénieurs civils s'est vivement émue de l'inutilité de ses démarches et des dépenses considérables qu'engendrent ces travaux improductifs.

La protestation du 6 mai, rédigée par nos confrères MM. Bois et Polonceau, résume nettement notre pensée unanime; nous en donnons la copie (pièce B).

Cette protestation a été accueillie comme elle devait l'être, et les commissions officielles créées, l'une le 7 mai, par M. Marie, membre du gouvernement provisoire, et composée de

six sociétaires sur sept membres, l'autre le 17 du même mois, par M. Trélat, ministre des travaux publics, et qui renferme cinq membres de notre Société (pièce D), témoignent suffisamment de l'attention avec laquelle nos justes observations ont été écoutées.

La question de l'organisation du travail est, d'une manière permanente, à l'ordre du jour de notre Société. Nous appelons de tous nos vœux le concours des lumières de l'universalité de ses membres, dont l'aide ne lui manquera pas. Plusieurs ont déjà annoncé des communications prochaines sur ce sujet.

Il en sera rendu compte dans les bulletins ultérieurs.

3° *Questions de l'organisation des ponts et chaussées, de l'admissibilité des ingénieurs civils dans les fonctions publiques réservées aux ingénieurs de l'état. De la situation des ingénieurs civils attachés aux compagnies de chemins de fer menacés de rachat, etc.*

Diverses proportions sur ces questions, si importantes pour l'avenir du corps des ingénieurs civils, ont été successivement émises dans nos réunions et renvoyées à l'examen des commissions spéciales.

Ces commissions ont reconnu qu'il était nécessaire qu'elles se fondissent en une seule, afin de produire un travail complet, bien coordonné dans ses différentes parties.

Le rapporteur, M. Boudsot, a lu dans la séance du 13 avril un projet qui a donné lieu à diverses observations, notamment de la part de M. Paul Séguin; après discussion, le renvoi du projet à la commission a été prononcé.

Prochainement, M. Boudsot donnera une nouvelle lecture de son rapport modifié. Le texte sera inséré dans le bulletin, après adoption par la Société.

Il est encore temps, pour les membres non résidents, de faire parvenir au secrétaire leurs observations sur cette grave question, dont la solution ne semble pas devoir être douteuse si le principe d'égalité, proclamé par notre jeune République, n'est pas un vain mot.

L'ordre du jour (pièce E) vous indiquera suffisamment la manière dont la question a été envisagée par la Société. Nous ajouterons que plusieurs nous ont exprimé le vœu que le con-

seil des travaux publics soit composé à la fois d'ingénieurs des ponts et chaussées et des mines, d'ingénieurs civils, d'industriels et commerçants, d'économistes et d'architectes; enfin nous donnons (pièce F) une proposition faite par M. Grouvelle, dont la discussion est encore soumise aux délibérations de la Société.

4° Question de l'enseignement professionnel.

La Société a été amenée sur ce terrain, qu'elle aurait en tous cas prochainement abordé, par la nomination de la commission du Conservatoire des arts et métiers.

Elle a protesté contre la composition trop exclusive de cette commission, par une lettre qu'elle a adressée au ministre de l'agriculture et du commerce, en date du 20 avril (pièce G).

Il a été fait droit jusqu'à un certain point à notre réclamation par l'appel, dans le sein de la commission du Conservatoire, de plusieurs ingénieurs civils, membres de notre Société (MM. Arson, Ch. Callon, Eug. Flachat et Félix Mathias), dont les observations verbales ont paru être accueillies avec une attention marquée.

Toutefois la Société a pensé qu'elle ne pouvait resserrer son action dans des limites trop restreintes pour l'objet qu'elle se propose, et elle a chargé son président de formuler un projet d'enseignement professionnel destiné à être transmis, au nom de la Société, tant à la commission du Conservatoire qu'au ministre de l'agriculture et du commerce; il sera également communiqué aux comités de l'Assemblée nationale que cette question concerne par l'intermédiaire des représentants du peuple membres de notre Société, MM. Alcan, Dufournel, Degousée, Fourneyron, Galy-Cazalat.

La pièce H donne l'avant-projet d'un programme au sujet de l'enseignement professionnel, soumis aux délibérations de la Société.

M. Goubeaux, directeur de l'école Chaptal, a présenté une observation très importante au sujet de ce programme, qui établit l'université des arts à côté de l'université des sciences et qui oblige les familles à faire choisir une profession à leur enfant dès l'âge de sept ans, ce qui présente de très grandes difficultés. Sur ces observations, la Société a décidé que le programme continuera à être mis à l'ordre du jour.

Ensuite M. Goubeaux, en sa qualité de membre d'une commission nommée par M. le maire de Paris pour étudier l'organisation de l'enseignement gratuit et professionnel des femmes, a demandé à la Société de vouloir bien formuler ses idées touchant l'introduction dans cet enseignement des notions scientifiques et industrielles que réclame l'état actuel de notre civilisation.

Sur la demande de M. Goubeaux, la Société, dans sa séance du 25 mai, a renvoyé cette question à l'examen d'une commission composée de MM. F. Scribe, Rouget de l'Isle, Grouvelle, Priestley, Gayrard. Un rapport de M. Rouget de l'Isle au nom de cette commission a été lu en partie; il sera ultérieurement soumis à la discussion de l'Assemblée.

M. le maire de Paris ayant manifesté l'intention de créer divers cours gratuits à l'usage des ouvriers, la Société, dans sa séance du 4 mai, s'est intéressée à la réalisation de ce projet philanthropique et a fait appel au dévouement de ses membres.

Sept ont répondu à cet appel et ont fait connaître d'une manière générale l'objet des cours qu'ils se proposaient de créer. Ces membres sont :

MM. Arson, Beaumont, Corot, Deligny, Ganneron, Rouget de l'Isle et F. Scribe.

La formation et la coordination des programmes sont à l'ordre du jour; très prochainement, ils pourront être soumis à M. le maire de Paris.

La Société désire que ceux de ses membres qui sont établis dans les départements, notamment dans les villes industrielles, prennent aussi l'initiative pour créer dans ces villes des cours gratuits d'enseignement professionnel. Elle considère que de pareils services sont au nombre de ceux qui peuvent le plus recommander à la reconnaissance publique l'association des ingénieurs civils de notre pays.

Tels sont les différents travaux qui nous ont occupés pendant le trimestre qui vient de s'écouler.

La Société vous prie de lui communiquer, dans le plus bref délai possible, les réflexions que vous aura suggérées la lecture de nos statuts provisoires.

L'art. 26, qui prescrit la répartition des membres de la Société, tant résidents que non résidents, en divers groupes distincts, a déjà été modifié par la résolution prise par la Société

dans sa séance du 25 mai. En vertu de cette décision, prise sur la proposition de M Boudsot, la Société se partage en cinq commissions permanentes : 1° du travail, 2° des travaux publics, 3° de l'instruction publique et de l'enseignement professionnel, 4° du commerce, de l'agriculture et de l'industrie, 5° de la législation industrielle.

Vous aprécierez l'utilité de cette mesure (qui n'exclut pas, du reste, la formation de sous-commissions) pour la prompte et bonne élaboration des questions soulevées dans le sein de la Société, et vous nous ferez connaître promptement la commission dont vous aurez fait choix.

Nous appelons aussi votre sérieuse attention sur la formation de la Société de Marseille. — La lettre qui nous a été adressée par le président de cette Société, à la date du 18 avril dernier (pièce K), et la réponse que l'un de nos sociétaires a été chargé d'y faire (pièce L), sont insérées aux annexes. La Société centrale des ingénieurs civils désire et espère que cet exemple sera imité par ceux de nos confrères qui habitent de grands centres industriels, et que les Sociétés qui se formeront ainsi sur les principaux points du pays aideront puissamment à la réalisation de notre but à tous, en rendant plus faciles et plus fructueuses les relations des ingénieurs civils, jusqu'à présent dispersés sans lien, et par conséquent sans force, sur toute la surface de la France.

Désormais les comptes-rendus des séance de la Société centrale vous seront adressés tous les deux mois, sans préjudice des publications qui pourront être insérées dans un journal, le *Moniteur industriel*, qui paraît le jeudi et le dimanche et qui jouit d'une publicité étendue.

La Société recevra avec reconnaissance les observations que vous jugerez à propos de lui transmettre après la réception de chaque bulletin, ainsi que les propositions et communications que vous lui adresserez, soit dans l'intérêt du corps des ingénieurs civils, soit dans l'intérêt général de la science et de l'industrie.

Elle compte sur votre zèle pour rallier à elle tous les ingénieurs civils, tous les anciens élèves de l'Ecole centrale, qui résident dans votre département. Elle est convaincue d'avance que votre coopération active et fraternelle ne lui fera pas défaut.

Veuillez agréer, cher confrère, l'assurance de notre fraternel dévouement.

Les membres du bureau :

Eugène Flachat, *président.*
Ch. Callon et Degousée, *vice-présidents.*
Victor Bois et F. Scribe, *secrétaires.*
Priestley, *trésorier.*

P.-S. En vertu de l'art. 25 des statuts, toutes les communications doivent être adressées *franco*, pour ce qui concerne la discussion des questions étudiées par la Société ainsi que les demandes d'admission, à M. Victor Bois, secrétaire, place du Havre, 14;

2° Pour ce qui concerne les procès-verbaux et les vacances d'emplois intéressant les membres de la Société, à M. F. Scribe, secrétaire, rue Blanche, 29.

3° Les cotisations doivent être adressées *franco* à M. Priestley, rue Pavée, au Marais, 3.

Pièce A.

A Messieurs les membres de l'Institut des Ingénieurs civils anglais.

Messieurs,

Nous avons l'honneur de vous informer que les ingénieurs civils français viennent de se constituer en société dans le but de créer et d'entretenir un esprit de fraternité et de concours mutuel entre tous les membres de l'association, au moyen de réunions périodiques et de travail en commun pour l'étude des questions d'art et de pratique, d'enseignement professionnel, d'économie et de jurisprudence industrielle.

Nous avons pensé que nous devions tous retirer des avantages réciproques dans l'avenir en mettant directement en rapport votre Institut et notre Société; nous vous offrons un concours actif de notre côté, et nous avons l'honneur de vous demander le vôtre. Par cet échange de relations nous resserrerons encore les liens qui rattachent les ingénieurs des deux na-

tions, et nous pourrons ainsi nous prêter un mutuel secours. Nous terminons en vous promettant de seconder de tous nos moyens les membres de l'Institut des Ingénieurs civils anglais qui se rendraient en France, et nous vous demandons le même accueil pour ceux de nos membres qui seraient accrédités auprès de vous.

Pièce B.

A Monsieur Armand Marrast, maire de Paris.

Monsieur le maire,

La charge excessive qui pèse sans compensation sur l'état par suite de l'application des ouvriers des ateliers nationaux à des travaux inutiles a pris des proportions et des chances de durée qui en font aujourd'hui un malheur public.

La Société centrale des Ingénieurs civils n'a pu rester muette devant un état de choses qui appelle le concours de tous les bons citoyens.

Comme il s'agissait de l'emploi des fonds du trésor à des travaux publics, nous devions croire que les ingénieurs de l'état s'empresseraient à l'envie d'ouvrir leurs cartons, d'apporter de nombreux projets dont ils possèdent les éléments, pour utiliser les capitaux considérables qui sont journellement absorbés. Nous avions espéré que des mesures immédiates seraient prises pour offrir aux ouvriers, par l'utilité de leurs travaux, un stimulant qui leur manque complétement aujourd'hui.

Cet espoir, loin de se réaliser, s'évanouit devant des obstacles qui ne peuvent avoir aucune valeur, à côté de la perte journalière et déplorable des produits de l'impôt payé avec tant de sacrifices et de dévouement, et qui ne suffit pas même aux charges ordinaires.

Les ateliers nationaux de Paris seulement renferment 80,000 hommes, et leur nombre augmente tous les jours. La somme absorbée dépasse 120,000 francs par jour depuis deux mois. Le mal est arrivé à ce point; et cependant, malgré les énergiques réclamations de ceux mêmes à qui est confiée la direction de ces ateliers, aucun grand travail utile n'a été entre-

pris, aucun projet n'est proposé pour employer cette puissance d'action si coûteuse et que l'on condamne à l'inaction la plus déplorable.

On s'est borné à exécuter quelques terrassements malgré la diversité des professions et des capacités, et encore les chantiers étaient si peu importants que l'on ne peut employer chaque travailleur que deux jours par semaine.

Les ouvriers ne tardent pas à reconnaître que leur travail est inutile; cette idée jette la perturbation dans les esprits, entretient l'insubordination et les rend accessibles à toutes les mauvaises suggestions, en sorte qu'un tel état de choses est non seulement désastreux pour le présent, mais encore dangereux pour l'avenir.

C'est du travail que l'on avait garanti aux ouvriers, c'est du travail qu'ils sont venus demander par suite de la fermeture de leurs ateliers. C'est un secours qu'ils reçoivent, et il se répand parmi eux le sentiment que ce n'est pas à leur misère, mais au danger de leur misère, qu'ils doivent le salaire qu'on leur donne et qui prend alors le caractère d'une aumône. L'ouvrier n'est-il pas en droit de recevoir sans reconnaissance ce salaire qui devient un encouragement pour la paresse et une humiliation pour l'homme de cœur?

Notre mission n'a pas été jusqu'à présent d'indiquer les travaux auxquels doivent être employés les fonds de l'état, parce qu'aucune solidarité ne nous rattachait à la direction qui a été imprimée aux ateliers nationaux. Mais profondément convaincue qu'il n'est pas un intérêt, un service public, la navigation, l'entretien des routes, les marchés et les halles, l'approvisionnement de Paris, les chemins de fer en construction et à construire, les habitations d'ouvriers, etc., pour lesquels il n'y ait des projets prêts pour l'exécution; persuadée que, si des études doivent être faites, elles peuvent l'être en très peu de temps, la Société des Ingénieurs civils croit maintenant de son devoir d'intervenir et de déclarer qu'il existe des travaux utiles pouvant offrir immédiatement des chantiers pour une masse d'ouvriers plus considérable assurément que celle des ateliers nationaux, et qu'elle est prête à les indiquer.

Elle demande formellement que, pour faire cesser une situation que les ingénieurs de l'état ont laissée s'aggraver sans y porter remède, il soit immédiatement nommé une commission

composée d'hommes indépendants de tout esprit de corps et de toutes entraves administratives et hiérarchiques, qui sera investie des pouvoirs les plus étendus pour surmonter les obstacles qui se sont opposés jusqu'ici à l'emploi des ateliers nationaux et présentera immédiatement des travaux utiles à exécuter, en répartissant autant que posible les travailleurs dans leurs diverses spécialités.

Dans tous les cas et quelle que soit votre décision, elle vous offre pour toutes ces questions son concours complet et désintéressé,

Veuillez, etc.

Signé, V. Bois et F. Scribe.

Pièce D.

Paris, le 17 mai 1848.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

LIBERTÉ, ÉGALITÉ, FRATERNITÉ.

Ministère des travaux publics. — Personnel.

Monsieur, j'ai l'honneur de vous annoncer que je vous ai désigné pour faire partie d'une commission spéciale chargée d'examiner la question des ateliers nationaux. Cette commission se compose de

MM. Mary, Inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées;
Lalanne, Ingénieur en chef;
L. Reynad, d°
Polonceau, Ingénieur civil;
Faure, d°
Flachat, d°
Grouvelle, d°

M. Mary remplira les fonctions de président. Le nombre des ouvriers admis dans ces ateliers va toujours croissant; de 80,000 il s'est élevé successivement et en peu de temps à 85,000, 100,000, et il est à 115,000; les salaires et les secours qui leur sont accordés sur les fonds de l'état constituent une dépense

journalière de 125,000 fr., dépense qui n'est compensée par aucun avantage matériel, puisque les ateliers ne sont occupés qu'à des travaux insignifiants.

Il importe de faire cesser au plus tôt cette mendicité cachée, de remettre les ouvriers dans leurs conditions de travail où ils étaient auparavant, de rétablir leurs relations avec leurs patrons, de recourir même au besoin à des travaux publics sérieux en attendant la remise en activité de l'industrie privée, enfin de rétablir l'ordre là où la rapidité des événements n'a pas permis d'éviter quelque confusion. C'est sur ces réformes que je prie la commission de fixer toute son attention. Je désire que son rapport me soit remis après-demain. La commission du pouvoir exécutif doit être éclairée par moi sur les mesures qu'il est indispensable de prendre pour metre un terme à une organisation abusive qui dévore les ressources du trésor; elle attend mon avis vendredi. Je ne puis accorder un terme plus long à la commission des ateliers nationaux.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma parfaite considération.

Le ministre des travaux publics.

Pour le ministre et par autorisation :

Le secrétaire général,

BOULAGE.

Pièce E.

Ordre du jour.

1° La composition du corps des ingénieurs de l'état, basée exclusivement sur l'enseignement donné dans les écoles Polytechnique, des Ponts-et-Chaussées et des Mines, est-elle suffisante pour obtenir les meilleures conditions de direction, d'exécution et de développement des grands travaux publics?

La prompte application des progrès de la science et des arts dans les travaux publics est-elle conciliable avec l'isolement qui résulte pour ces corps savants des conditions de leur recrutement?

Les corps des ponts-et-chaussées et des mines ne gagneraient-ils pas en aptitude et en force par l'adjonction des hom-

mes qui se seraient distingués dans les travaux publics de l'état ou de l'industrie et dont l'instruction serait au besoin constatée par des examens ?

En permettant l'accès immédiat aux fonctions et aux grades les plus élevés du corps des ponts-et-chaussées par des hommes qui auraient donné dans l'industrie ou les travaux les preuves d'une grande aptitude ou qui auraient fait des constructions que le progrès des sciences doit nécessairement introduire dans les services publics, tels que les ponts suspendus, les chemins de fer, la navigation à vapeur, la construction des machines, et autres arts restés oubliés à leur naissance dans les cours des écoles d'application, n'en résulterait-il pas la nécessité pour tous de se tenir au niveau le plus élevé des connaissances générales, sous peine de perdre leurs droits d'ancienneté dans l'avancement?

D'après ce qui précède, quel serait le mode à adopter pour la constitution du corps des ingénieurs des ponts-et-chaussées? Quel serait le mode d'*admissibilité des ingénieurs civils dans les fonctions publiques?*

2° *De l'intervention des conseils généraux dans l'entretien des routes dites royales.* Ne convient-il pas que la part du fonds commun attribuée en moyenne depuis plusieurs années à chaque département soit mise à la disposition des conseils généraux, et que l'entretien des routes dites royales soit confié à leur direction, comme celui des routes départementales et des chemins vicinaux?

3° N'y a-t-il pas lieu de sortir, en ce qui concerne les conseils généraux, de la circonscription départementale, et de réunir un certain nombre de départements traversés par un fleuve, ou limitrophes du cours de ce fleuve, pour former une direction d'études et de travaux de régularisation du régime et d'entretien de ce fleuve, ainsi que des irrigations?

La même mesure ne doit-elle pas être appliquée à l'entretien et à l'amélioration des canaux?

4° La Société des Ingénieurs civils offrira-t-elle à l'état son concours pour l'établissement de *cours de notions professionnelles pour les ouvriers?*

Quelles doivent être les bases des programmes de ces cours, et les conditions du choix des professeurs?

Quelles sont les conditions qu'il faut chercher dans le choix

du local, et les meilleurs moyens de parvenir à grouper les ouvriers?

5° Recherche des *travaux à donner aux ouvriers des ateliers nationaux*, tant dans les travaux publics que dans les travaux de l'industrie privée.

6° Quel devra être le système suivi par l'état pour l'exploitation des chemins de fer? Les tarifs devront-ils être rémunérateurs, ou réduits de manière à ne couvrir que les frais d'exploitation? Les services et les travaux devront-ils être exécutés administrativement, ou par voie d'entreprise, ou par association, en régie intéressée, ou autrement?

7° *Examen de la législation concernant les brevets d'invention et en général la propriété intellectuelle.* — Quelles sont les modifications à y apporter, soit dans l'intérêt des inventeurs, soit dans l'intérêt de la société en général? Le droit inventif doit-il être consacré au profit de l'inventeur, ou l'état doit-il acquérir l'invention moyennant indemnité?

Pièce F.

Constitution d'un conseil général des travaux publics.

Art. 1er. Il sera formé un conseil général des travaux publics qui réunira les attributions du conseil général des ponts-et-chaussées et du conseil des bâtiments civils.

Art. 2. A l'avenir il sera composé de :

Neuf ingénieurs des ponts-et-chaussées;

Neuf architectes;

Neuf ingénieurs civils;

Et du vice-président, du secrétaire et d'un membre élu du conseil des mines.

Art. 3. Les membres du conseil général des travaux publics seront inspecteurs généraux pour tous les services indistinctement.

Art. 4. Ils seront élus par leurs corps respectifs, tous les membres de ces corps en France prenant part au scrutin par un règlement spécial.

Leurs fonctions dureront six ans.

Pour la première fois un tirage au sort déterminera dans chaque série l'ordre de sortie. Le renouvellement aura lieu par série tous les trois ans. Chaque année il y aura réélection pour une série.

Nul ne pourra être réélu plus de deux fois, si ce n'est après un intervalle de six années.

Art. 5. Pour la première constitution le conseil se composera :

1° De sept inspecteurs généraux des ponts-et-chaussées et de deux inspecteurs divisionnaires élus par leurs collègues ;

2° De neuf membres des bâtiments civils;

3° De neuf ingénieurs civils;

4° Du vice-président, du secrétaire et d'un membre élu par le conseil des mines.

Art. 7. Toutes commissions chargées de préparer les travaux de conseil seront mixtes et seront prises dans les trois séries de membres.

Il y sera adjoint un ou plusieurs ingénieurs des mines quand leur concours sera utile.

Art. 7. Le conseil général des travaux publics sera présidé par le ministre et en son absence par le sous-secrétaire d'état; le vice-président sera nommé tous les ans par le conseil et pris alternativement dans les quatre séries de membres.

Le secrétaire sera nommé par le conseil; ses fonctions dureront six ans.

Art. 8. Le conseil général des mines, devenu électif et auquel seront adjoints des ingénieurs libres nommés par la Société des ingénieurs civils, conservera son existence et ses fonctions, qui seront déterminées de nouveau en rapport avec l'institution du conseil général des travaux publics, auquel il se réunira pour résoudre certaines questions qui seront fixées par le décret à intervenir.

Pièce G.

La régénération sociale, dont les bases sont maintenant universellement adoptées en France, doit avoir pour effet l'étude immédiate des grandes questions de l'éducation des travailleurs au point de vue pratique et au point de vue professionnel.

C'est en faisant pénétrer l'instruction dans toutes les classes de la société que l'on doit arriver à une véritable organisation du travail.

Les institutions républicaines ont surtout pour but d'appeler chaque citoyen à apporter son tribut d'utilité et d'efforts à l'accroissement du bonheur et de la richesse de tous; on doit, par conséquent, chercher à donner à l'éducation ce caractère d'utilité pratique immédiate qui peut seul développer l'industrie et donner à chaque capacité, dans chaque profession, la place qu'elle doit occuper,

Pour atteindre ce but, il faut surtout s'appliquer à faire entrer un certain nombre d'hommes pratiques, ayant la connaissance des conditions que doit remplir l'enseignement professionnel, dans la composition de la commission chargée d'examiner l'organisation d'une faculté des sciences industrielles destinée à former, suivant les degrés, des ouvriers, des contremaîtres, des ingénieurs et des chefs d'industrie.

Le Conservatoire des arts et métiers doit rester ce qu'il devait être dans la pensée de ses fondateurs, c'est-à-dire un enseignement général à l'usage des industriels de toutes les professions, de toutes les classes; une sorte d'école industrielle ayant des cours publics ouverts à tous, sans prendre le caractère d'une école destinée à former des ingénieurs, des chefs d'établissements ou des ouvriers; le Conservatoire doit être assimilé, pour l'industrie, à ce que sont, pour les lettres, les cours de la Sorbonne, et il doit y avoir, entre son système d'enseignement et celui d'une école destinée à former des ingénieurs, la même différence que celle qui existe entre les cours des facultés des sciences et des lettres de la Sorbonne et les cours de l'Ecole polytechnique et de l'Ecole normale.

L'éducation industrielle et professionnelle s'adresse à tous les travailleurs, riches ou pauvres, qui doivent remplir, dans la mesure de leur capacité, toutes les carrières de l'industrie, depuis la place de l'ouvrier jusqu'aux services publics les plus élevés. En conséquence, il faut adopter un système remplissant les conditions suivantes :

1° Pour l'instruction primaire industrielle, enseignement gratuit pour les pauvres, enseignement spécial pour chaque profession;

2° Pour l'instruction secondaire, établissement d'écoles nor-

males industrielles, où le riche paiera, où le pauvre sera admis gratuitement après concours;

3° Par dessus tout, égalité de tous les élèves pour l'enseignement dans tous les services publics, par un concours général, quelle que soit l'origine de leur éducation.

D'après ces principes, le Conservatoire des arts et métiers conserverait son caractère d'instruction libre et sans application spéciale, et offrirait l'avantage de former un centre de renseignements et d'études, par l'extension de ses dépôts de modèles et de machines.

Par tous ces motifs :

La Société des ingénieurs civils pense qu'il importe de former immédiatement une commission chargée d'étudier un système complet d'éducation industrielle et professionnelle; que la commission composée de professeurs du Conservatoire représente trop exclusivement la partie théorique des sciences; qu'il importe de réclamer le concours des praticiens de l'industrie. En conséquence, elle propose au ministre de décider que ladite commission soit composée de professeurs de l'Ecole centrale, d'ingénieurs civils, de chefs d'établissements et de chefs d'industrie.

Pièce H.

ESSAI D'UN PROGRAMME POUR L'ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL MIS A L'ORDRE DU JOUR DE LA SÉANCE DU 21 MAI 1848.

Il sera créé une université spéciale pour l'enseignement technologique des arts agricoles et industriels dans un but professionnel, c'est-à-dire d'application.

Elle prendra le nom d'*Université industrielle.*

Elle se composera :

1° D'une commission mixte formée par moitié des membres de l'Université industrielle et de l'Université des sciences : cette commission mixte interviendra dans la direction de l'enseignement primaire, afin d'y réaliser les modifications utiles dans le sens de l'enseignement professionnel;

2° D'une faculté dont les cours publics et gratuits, établis dans toutes les villes importantes, comprendront les trois degrés d'enseignement professionnel dont il sera parlé ci-après;

3° D'Ecoles normales pour former des professeurs d'enseignement professionnel;

4° D'Ecoles de premier, deuxième et troisième degré, gratuites pour le premier degré, gratuites et soldées pour le deuxième et le troisième degré.

L'enseignement donné par l'université industrielle aura pour résultats, en ce qui concerne le premier degré :

1° De former des ouvriers auxquels il sera délivré un diplôme constatant qu'ils ont les connaissances nécessaires pour exercer la profession pour laquelle ils entreront dans l'industrie;

2° De préparer pour les élèves l'enseignement du deuxième degré.

L'enseignement du deuxième degré aura pour but de former des chefs d'ouvriers, de fabriques, des conducteurs de travaux, et de préparer pour les écoles du troisième degré.

Dans les différentes catégories de professions indiquées ci-dessus, l'enseignement sera divisé suivant les professions et le classement dans l'industrie des travaux de fabrication.

Des diplômes seront également délivrés à ceux qui achèveront les études de leur profession dans l'enseignement du second degré.

Les écoles des arts et métiers actuellement existantes, les écoles des mineurs de Saint-Etienne et d'Alais, les écoles du commerce, et les écoles préparatoires à l'Ecole centrale des arts et manufactures entreront immédiatement sous la direction de l'Université industrielle.

L'enseignement du troisième degré aura pour but de former des ingénieurs, des architectes, des fabricants, des financiers et des commerçants.

Des diplômes seront également délivrés, comme dans les deux premiers degrés, à tous ceux qui auront achevé d'une manière satisfaisante l'étude de leur profession.

Les écoles déjà existantes des arts et manufactures, d'architecture, des ponts-et-chaussées, des mines, des eaux et forêts, entreront sous la direction de l'Université industrielle.

Les emplois publics, aussi bien que les emplois dans les travaux de l'état et dans l'industrie, seront accessibles à tous les

porteurs de diplômes. En outre des dispositions prises pour assurer l'obtention de diplôme aux élèves de l'Université industrielle, ces diplômes pourront encore être obtenus par voie de concours et sans distinction d'âge, par tous ceux qui, ayant étudié en dehors des écoles de l'Université industrielle, auront recueilli, soit dans l'Université des sciences, soit dans l'industrie, soit dans les services de l'état, les notions exigées pour une profession.

DÉVELOPPEMENTS.

Enseignement professionnel du premier degré.

L'enseignement du premier degré sera exclusivement professionnel ; il aura pour but les connaissances théoriques et pratiques nécessaires à chaque profession d'ouvrier et à la prépation des élèves au deuxième degré.

Cet enseignement sera obtenu : 1° par les modifications apportées dans l'enseignement donné dans les écoles primaires par la commission mixte.

2° L'apprentissage tout entier est placé sous la direction de l'Université industrielle.

La profession choisie par l'apprenti ou par l'adulte lui sera enseignée 1° dans les écoles, où les leçons s'appliqueront à la fois, par cours généraux, aux notions communes à toutes les professions ; 2° par classes particulières, aux notions spéciales à chaque profession. Le même enseignement se pratiquera dans les ateliers réunissant plus de 50 ouvriers, et dans les familles par groupes de plus de 20 élèves, qui se réuniront à des heures fixes sous la direction de leur professeur.

Les élèves du premier degré, fils de parents pauvres, dont l'intelligence et l'aptitude se feront remarquer parmi leurs camarades, recevront, en outre des notions spéciales de leur profession, celles de préparation au deuxième degré, où l'instruction continuera de leur être donnée gratuitement.

Enseignement professionnel du deuxième degré.

En outre des écoles existantes des arts et métiers, des écoles des mineurs de Saint-Etienne et d'Alais et des écoles préparatoires pour l'Ecole centrale des arts et manufactures, il sera

créé, dans toutes les communes de France pouvant fournir cent élèves, des écoles dont le programme sera établi pour l'enseignement des chefs d'ouvriers et fabricants d'après un classement analogue à celui de l'Ecole centrale des arts et manufactures, bien qu'à un degré inférieur d'instruction. Il sera divisé de la manière suivante :

1° Notions de sciences générales applicables à toutes les professions ;

2° Classes spéciales pour chaque profession ;

3° Notions de préparation pour les élèves du troisième degré.

L'enseignement du deuxième degré sera également pratiqué dans toutes les villes importantes par réunions particulières formant des groupes de vingt élèves au moins, soit porteurs de diplômes d'ouvriers, soit de certificats de bacheliers du premier degré et étudiant tous la même profession. Ces groupes seront considérés comme des succursales de l'école la plus voisine, et n'auront d'autres différences avec elle que le déplacement du professorat. Elles seront inspectées de la même manière que les écoles universitaires.

Enseignement du troisième degré.

L'enseignement du troisième degré sera donné :

1° Dans les écoles déjà constituées, telles que l'Ecole centrale des arts et manufactures, l'Ecole nationale des ponts-et-chaussées, celle des mines et celle des eaux forêts ;

2° Dans toutes les écoles, privées ou gouvernementales, qui seraient établies dans le but spécial d'un enseignement professionnel supérieur ;

3° Dans des écoles d'instruction supérieure qui seront établies par l'Université industrielle dans toutes les villes où deux cents élèves pourront être réunis ;

4° Dans l'école normale destinée à former des professeurs d'enseignement professionnel ;

5° Dans la faculté du Conservatoire des arts et métiers et ses succursales

La distribution des diplômes sera faite sur les mêmes bases que pour l'enseignement du deuxième degré.

Dispositions générales.

Il sera ouvert un crédit de vingt millions au ministre du com

merce et de l'agriculture pour l'établissement de l'Université industrielle.

Pièce K.

A Messieurs les Membres du Comité central à Paris.

Chers camarades,

MM. Barroux, Blanchet, Chollet, Condamin, Deflose, Dony, Dugourd, Lagrafel, Lasalle, Mauss, de Molin, Morin, Peyruc, Souchay, Suquet, Terrisse, Turney, anciens élèves de l'Ecole centrale, habitant Marseille ou ses environs, voulant concourir de tous leurs moyens au développement de la Société centrale des ingénieurs civils, se sont réunis, et, après la lecture et discussion des statuts de la Société, ont adopté les mesures suivantes :

1° Adhésion aux statuts de la Société.

2° Création de réunions périodiques à Marseille.

3° Appel à tous les élèves habitant les localités voisines, Avignon, Nîmes, Alais, Montpellier, Toulon, etc.,

4° Formation d'un bureau chargé de diriger les réunions et de correspondre avec le comité de Paris.

5° Ont été élus membre du bureau : MM. Peyruc, président; Lasalle, vice-président; Mauss et Lagrafel, secrétaires.

6° Tous les élèves désignés ci-dessus ont, par un procès-verbal signé, invité le bureau à adresser au comité de Paris une demande collective d'admission dans la Société.

En même temps que nous vous faisons cette demande, nous vous transmettons nos félicitations communes et nos remerciements d'avoir enfin créé une Société d'ingénieurs civils, tentée pour ainsi dire chaque année depuis 18 ans, et toujours en vain, malgré la bonne volonté de tous.

Nous vous assurons notre concours et nous nous associons d'avance à toutes les démarches que vous ferez pour arriver, dans le plus prochain avenir, à la destruction du monopole des travaux publics dont jouissent aujourd'hui encore des corps privilégiés.

Nous vous applaudissons d'avoir posé en principe qu'à notre

tour nous ne devions pas encourir le reproche de coterie, et d'avoir rendu la Société accessible à tous, n'imposant d'autres conditions que des garanties sérieuses de capacité et de moralité.

Toutefois conviendrait-il peut-être d'éviter même l'apparence de coterie, en établissant une égalité plus parfaite parmi les membres de la Société. Que le titre d'ancien élève de l'Ecole centrale donne la faculté d'être membre de droit, cela paraît juste ; mais cela n'est-il pas suffisant? La majorité dans le bureau et les comités ne sera-t-elle pas toujours acquise de fait aux anciens élèves de l'école? En posant cette majorité comme un droit, il semble qu'on ait décrété un privilége peu fondé. — Le maintien d'une fraternité cordiale dans la Société sera mieux assuré si, abandonnant sur le seuil toutes les distinctions de titres et d'origines, nous ne voyons dans tous que les membres de la même famille des ingénieurs civils.

Telles sont les considérations qui ont déterminé la réunion de Marseille à vous transmettre des vœux unanimes pour la révision des articles 41, 42 et 66, se confiant, du reste, pour la décision, à votre sagesse.

Nous appelons de tous nos vœux la formation de réunions semblables à la nôtre dans d'autres départements et l'échange de communications fréquentes entre leurs bureaux et celui de Paris. — C'est en étendant une influence légitime sur tous les points de la France, c'est en réunissant nos efforts et agissant tous simultanément, aidés des comptes-rendus du comité de Paris, que nous acquerrons à la Société une véritable force, qui lui est si nécessaire pour lutter contre des priviléges consacrés par le temps.

La question d'enseignement industriel a été abordée dès la première réunion et fera l'objet de la discussion dans la prochaine.

Dans un moment où l'amélioration du sort de la clase ouvrière est si vivement désirée, il nous semble que la fondation à Marseille de cours gratuits spéciaux pour les ouvriers sera un service rendu au pays et dont l'honneur reviendra à la Société. — En même temps, ce sera un moyen d'influence légitime qui nous permettra peut-être d'intervenir utilement dans les questions d'organisation du travail et dans les difficultés entre les maîtres et ouvriers.

Quant à l'époque d'ouverture et à la forme de ces cours, nous

attendrons la discussion et vos avis d'une part, et d'autre part que la consolidation du système politique ait ramené au milieu de la classe ouvrière, qui en ce moment semble livrée à une véritable ivresse, le calme nécessaire à l'étude.

Nous vous saluons cordialement.

Pour le bureau de Marseille :
Le vice-président.

LASALLE.

18 avril 1848. A Marseille, boulevart National, 1.

Pièce L.

Messieurs les Membres du Comité des Ingénieurs civils de Marseille.

Chers camarades,

Nous vous remercions de l'intéressante communication que vous avez bien voulu nous faire; nous sommes heureux de voir se former en province des comités d'ingénieurs en correspondance avec la société centrale.

Votre lettre a été lue en séance publique et a provoqué immédiatement un vote unanime de remerciements que je suis heureux de vous transmettre. Déjà notre camarade Thomas nous avait parlé de votre constitution prochaine et nous avions tous applaudi à cette féconde idée d'associations partielles se reliant à la société centrale, comme autant d'artères au cœur, et lui donnant une force qu'elle ne peut acquérir que par la valeur de ses travaux.

Nous annoncerons la formation de votre comité à tous nos camarades des départements, afin que votre exemple trouve des imitateurs. C'est par notre union que nous parviendrons à lutter contre l'éloignement systématique où nous sommes placés dans la direction des grands travaux publics exécutés par l'état.

Nous vous ferons connaître prochainement les démarches que nous avons faites dans ce sens, en vous envoyant un bulletin de nos procès-verbaux.

Aujourd'hui nous nous contenterons de vous faire connaître les noms des membres du bureau et du comité de la société.

Nous serons heureux de vous compter tous au nombre de nos membres correspondants ; mais vous savez que ceux seulement qui ont obtenu le diplôme ou le certificat de l'Ecole centrale sont membres de droit, et que les autres devront envoyer leurs titres aux membres de la commission d'admission, désignée par le sort et qui se compose de MM. Alcan, Barrault, Callon, Daguin, et Faure.

Les pièces devront être adressées à notre vice-président, Ch. Callon, rue des Vosges, 18.

Paris. — Imprimerie de Guiraudet et Jouaust, rue Saint-Honoré, 338.

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Juin, Juillet, Août et Septembre 1848.)

N 2.

CHER CONFRÈRE,

Nous vous envoyons tardivement le compte-rendu des travaux de la Société depuis le mois de mai, et nous joignons au trimestre de juin le mois de septembre, parce que les événements politiques et la mise en état de siége de Paris ont interrompu nos travaux pendant un mois. — Depuis le 1er octobre, nos réunions ont été régulièrement suivies, et nous espérons que l'affermissement des pouvoirs réguliers nous permettra de continuer nos études en commun et de vous en envoyer le résultat exactement à la fin de chaque trimestre.

Nous commencerons par rétablir l'impression de la pièce C, qui a été oubliée dans le dernier compte-rendu, et qui porte nomination d'une commission officielle créée par M. Marie, et dont il a été question page 5 du compte-rendu de mars, avril et mai.

Pendant les quatre mois qui viennent de s'écouler, la Société a dû se préoccuper principalement des deux questions les plus importantes mises à l'ordre du jour dès les premiers jours de notre constitution; nous voulons parler de l'instruction professionnelle et du mode du recrutement des ingénieurs de l'État. Cette dernière question surtout a occupé la plus grande partie de nos séances, et les observations présentées au comité des travaux publics de l'Assemblée nationale, que nous avons rédigées

et qui vous ont été distribuées, témoignent assez de la préoccupation qu'a fait naître cette question importante. Nous avons lieu de penser que les études que nous avons faites et qui sont consignées dans cette brochure, ont influé visiblement sur l'opinion des membres du comité des travaux publics, et sont destinées à modifier, dans un avenir plus ou moins rapproché, le mode actuel de recrutement, que les meilleurs esprits blâment énergiquement, et qui est contraire à tous les principes d'égalité qui sont consacrés par la constitution.

Les observations dont nous parlons et qui ont fait l'objet de longues discussions étaient nécessaires pour éclairer les membres de l'Assemblée nationale au sujet du projet de décret présenté par le ministre des travaux publics, à la suite d'un rapport de la commission chargée d'examiner les changements à apporter dans le mode de recrutement des ingénieurs des ponts et chaussées, et composée de MM. Kermaingant, Robin, Michal, Lalanne, Thuilleux, Bigarne et Krantz (1). Nous avons pensé qu'il était indispensable de mettre sous les yeux de chacun des membres de la Société toutes les pièces qui touchent à cette grave question, pour qu'il puisse mieux juger la réponse, en se livrant à l'examen de ce rapport, qui est la consécration d'un monopole, et du projet de décret qui l'a suivi.

Nous annexons donc ces deux pièces (M, N), et nous appelons de nouveau le concours de nos confrères de province. Nous les prions de nous envoyer des renseignements sur cette question, qui est loin d'être épuisée et qui se lie si intimement avec les questions politiques les plus élevées. Nous sommes convaincus qu'elle occupera encore plusieurs fois l'Assemblée nationale avant de recevoir une solution complète et satisfaisante pour tous les intérêts engagés.

(1) MM. Kermaingant, inspecteur général; Robin, inspecteur divisionnaire; Michal, ingénieur en chef, directeur; Lalanne, ingénieur ordinaire, 1re classe; Thuilleux, conducteur, 1re classe; Bigarne, chef de division du secrétariat général; Krantz, ingénieur ordinaire, rapporteur.

Vous comprendrez que votre bureau et ses collaborateurs résidants devaient principalement s'occuper de cette question, qui touche à l'avenir de chacun de nous. Vous reconnaîtrez, du reste, par la lecture de ces observations que nous n'avons pas voulu créer un monopole à côté ou à la place de celui que nous avons voulu modifier, et que nous avons surtout demandé la consécration du principe d'admissibilité des ingénieurs civils dans les travaux publics, en prenant pour base le seul mérite, la seule expérience des candidats.

Dès que nous avons connu les termes du rapport dont nous venons de parler, et qui, comme on le voit, a été fait presque exclusivement par des ingénieurs des ponts et chaussées, nous avons demandé à être entendus par les membres du comité des travaux publics. Votre bureau s'est rendu au sein de ce comité, et M. Eugène Flachat, au nom de la Société, a examiné avec détail les graves objections que soulevait le projet de décret soumis aux délibérations de l'Assemblée. Il a été entendu pendant plus d'une heure avec beaucoup de faveur par le comité. Quoique les ponts et chaussées y fussent représentés en très-grande majorité, le président du comité demanda que les observations verbalement présentées fussent consignées par écrit et remises au comité. C'est sur cette demande que la brochure que vous avez reçue a été rédigée et imprimée.

Après l'examen de cette question, nous nous sommes préoccupés de l'instruction professionnelle, et comme il nous avait été demandé si quelques-uns de nous seraient disposés à faire des cours publics et gratuits, nous avons fait un appel au dévouement des membres de la Société, et nous avons obtenu les adhésions d'un certain nombre d'entr'eux. Nous continuerons l'étude et la discussion du projet inséré dans le dernier compte-rendu, sur l'instruction professionnelle. (Pièce H.)

Enfin, conformément aux statuts précédemment adoptés, nous avons procédé, en assemblée générale, à leur révision dans les séances des 15 et 22 juin, et nous vous avons envoyé un exemplaire des statuts définitifs.

Dans l'intervalle des discussions dont nous venons de parler, quelques-uns de nos confrères ont fait des travaux dont l'impression a été votée en septembre, et que nous donnons dans notre compte-rendu.

Le premier travail est une notice sur le pont tubulaire de Conway, traduite des séances de la Société des ingénieurs civils de Londres.

Le second donne la description des poutres creuses pour la construction des ponts.

Le troisième explique un système pneumatique pour enfoncer les pieux.

Ces trois extraits du journal des ingénieurs civils anglais ont été traduits par M. Yvert, membre de notre Société.

Le quatrième travail dont la Société a voté l'impression est une notice intéressante sur la chute du pont d'Asnières, détruit le 25 février 1848, et sur la construction du pont provisoire en charpente, établie par M. Eugène Flachat, ingénieur en chef du chemin de fer de Saint-Germain et de Versailles (rive droite). Nous devons ce travail à M. E. Deligny, ingénieur de la voie de ce chemin de fer, membre de notre Société.

Tel est le résumé de nos travaux du mois de juin au mois de septembre ; nous appelons de nouveau les communications que vous voudrez bien nous faire sur les différents chapitres de notre ordre du jour relaté dans notre premier compte-rendu. (Pièce E.)

Veuillez agréer, cher confrère, l'assurance de notre fraternel dévouement.

Les membres du bureau :

Eugène FLACHAT, *président*.
Ch. CALLON et DEGOUSÉE, *vice-présidents*.
Victor BOIS, F. SCRIBE, Ad. BELLIER, *secrétaires*.
PRIESTLEY, *trésorier*.

Les nouveaux Sociétaires admis au mois de juin 1848, sont :

MM. CLÉMANDOT, présenté par M. V. Bois.
FOUCAULT, présenté par M. A. Duresme.
CANCE, admis sur sa demande.
Edmond DUVAL, présenté par M. V. Bois.
LECOINTE, présenté par M. Grouvelle.

Au mois de juillet :

MM. Jules BORIE, admis sur sa demande.
ARMENGAUD, idem.

Au mois d'août :

MM. VOLSKI, présenté par M. Callon.
CHAPPON, admis sur sa demande.
H. BOURCARD, idem.
CHAPLIN, idem.
GUETTIER, présenté par M. V. Bois.
LÉTRANGE (de Charleville), présenté par M. Gouvion.

Pièce C.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

LIBERTÉ, ÉGALITÉ, FRATERNITÉ.

Paris, 7 mai 1848.

ARRÊTÉ.

Le membre du gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

Arrête ce qui suit :

Il est formé une Commission spéciale pour l'examen de travaux publics autres que ceux dont la vérification est attribuée par les lois et règlements aux Conseils généraux des ponts et chaussées et des mines; cette Commission est composée des citoyens :

PERDONNET, ingénieur civil,
PAYEN, professeur au Conservatoire des arts et métiers,
POLONCEAU, ingénieur civil,
WALTER SAINT-ANGE, professeur à l'École centrale des arts et manufactures,
VICTOR BOIS, ingénieur civil,
PAUL SÉGUIN, ingénieur civil,
DUVAL, ingénieur civil, ancien ingénieur des travaux de la marine.

Signé, MARIE.

Pour ampliation, le Secrétaire général,

BOULAGE.

Par décision ministérielle en date du 19 juin 1848, ont été adjoints à cette Commission trois nouveaux membres :

MM. Émile VUIGNER, Eugène FLACHAT et LETELLIER DELAFOSSE.

En même temps, le ministre explique, dans une lettre adressée à chacun des membres, que la Commission dont ils font partie est placée auprès de l'Administration pour lui donner son avis sur des questions d'art, et forme un comité consultatif permanent, auquel seront renvoyés, conformément aux termes de l'arrêté qui l'institue, les projets des travaux publics dont la vérification n'est pas attribuée par les lois et règlements aux Conseils des ponts et chaussées et des mines. Ses fonctions, semblables, sauf la nature des affaires, à celles de ces deux conseils, consisteront dans l'examen des projets dont elle sera saisie par l'Administration.

Enfin, le ministre donne des ordres pour que les séances de la Commission puissent avoir lieu dans la salle du Conseil général des ponts et chaussées.

ANNEXES

DU COMPTE-RENDU DE JUIN, JUILLET, AOUT ET SEPTEMBRE 1848.

Pièce M.

Rapport de la Commission chargée d'examiner les changements à apporter dans le mode de recrutement des Ingénieurs des ponts et chaussées.

Monsieur le ministre, M. votre prédécesseur a institué, à la date du 13 mars, une commission pour examiner s'il y a lieu de permettre aux conducteurs de devenir ingénieurs des ponts et chaussées, et déterminer, dans le cas de l'affirmative, les conditions du concours à ouvrir entre ces employés, et la proportion pour laquelle ils devront contribuer au recrutement du corps des ponts et chaussées.

Il a également chargé cette commission de reconnaître s'il est convenable d'admettre directement et sans noviciat, dans le corps des ponts et chaussées, les élèves des écoles spéciales.

La Commission a étudié les questions qui lui étaient soumises, et vient vous faire connaître, dans le présent rapport, les résultats de son travail.

La question de l'avancement des conducteurs a déjà été fréquemment agitée et résolue en sens divers par des esprits d'une haute portée. Elle touche à des intérêts nombreux, à l'organisation d'un corps justement considéré, et peut exercer une grande influence sur un service public très-important. Elle mé-

rite donc à tous égards un examen approfondi, des réflexions sérieuses, et la commission n'a pas cru pouvoir l'étudier avec trop de soins.

Avant d'aborder cette étude, il n'est pas hors de propos de rappeler en quelques mots comment les ingénieurs des ponts et chaussées se sont formés aux diverses époques, quelles modifications successives a subies leur mode de recrutement, et quelle a été la part d'influence et de progrès due à chacune d'elles.

Autrefois, les ingénieurs ou architectes chargés de la construction des travaux publics se formaient en général, comme le font encore aujourd'hui les ingénieurs anglais, par un apprentissage dans le cabinet des chefs de service, ou sur les chantiers. Les leçons de leurs maîtres, la surveillance des travaux, la préparation des dessins et projets, leur faisaient acquérir un savoir pratique d'une certaine valeur. Mais ce mode d'enseignement, naturellement restreint aux ouvrages qui se construisaient dans la localité, et la rareté des livres spéciaux de construction, les empêchaient d'acquérir des connaissances étendues et variées.

Vers le milieu du siècle dernier, on fonda trois écoles des ponts et chaussées, l'une à Paris, et les autres en Bretagne et dans le Languedoc. Ce fut un véritable progrès; car dans ces écoles on put rassembler en un faisceau de doctrines les enseignements isolés, les règles éparses dans les divers services, comparer les procédés de construction en usage sur les divers points du territoire. Mais il manquait encore à cet enseignement sa véritable base, à savoir, une première éducation scientifique suffisamment étendue.

La révolution vint et combla cette lacune. En réunissant les trois écoles des ponts et chaussées en une seule, elle établit l'unité dans l'enseignement; et en exigeant que tous les ingénieurs des ponts et chaussées sortissent de l'école polytechnique, elle fonda l'alliance entre les sciences positives et l'art des constructions.

Cette alliance fut féconde en heureux résultats. Par elle la

science se popularisa et sortit des cabinets des savants, où elle était restée ignorée et inféconde. Le goût des études positives se répandit sur le pays, et l'école polytechnique vit arriver à elle l'élite de la jeunesse.

D'autre part, la science éclaira l'art des constructions, lui donna le secret de ses anciennes règles, posa de nouvelles formules, fournit de nouvelles armes à l'observation, et enfin provoqua les progrès qui se sont accomplis depuis un demi-siècle. Ainsi les ingénieurs se sont formés d'abord par l'apprentissage, et, en dernier lieu, par des études théoriques ayant pour base une instruction scientifique étendue.

La substitution de ce dernier mode d'éducation aux autres a été un grand progrès dont nous avons indiqué sommairement les conséquences. Mais l'éducation pratique avait aussi sa valeur; elle produisait des hommes d'une aptitude spéciale, et s'il a été utile d'y renoncer pendant quelque temps, pour hâter l'avancement des sciences appliquées, ne serait-il pas convenable aujourd'hui de lui faire sa place, et de renoncer à un mode de recrutement trop exclusif?

Aux termes du décret de 1804, pour devenir conducteur des ponts et chaussées, il fallait *savoir lire, écrire, calculer, toiser, faire des levés de plans élémentaires, et les rapporter au trait.*

De pareilles études étaient évidemment insuffisantes pour former des ingénieurs, et tant qu'on ne les a pas eu considérablement étendues, les conducteurs n'ont pas dû songer à sortir de leur position, et à réclamer sérieusement le droit d'arriver à des fonctions qu'ils étaient hors d'état de remplir.

Si nous rapprochons de l'article 52 du décret impérial le programme arrêté en 1847 par M. le ministre des travaux publics nous constatons un immense changement. Les candidats, cette fois, doivent savoir l'arithmétique, la théorie des logarithmes; un peu d'algèbre, les éléments de géométrie, la statique, la trigonométrie rectiligne: bref, ils doivent subir des examens comparables en difficultés à celui de l'école de St-Cyr

Bien avant que ce programme eût été arrêté par le ministre, il était déjà adopté par un grand nombre d'ingénieurs, qui, sans s'être concertés, mais en se rendant compte des besoins du service et du niveau des connaissances générales, avaient peu à peu augmenté les difficultés du concours.

En regard de ce progrès notable dans les connaissances des conducteurs, on peut apercevoir un changement non moins grand dans les fonctions qu'ils remplissent. Aux termes du décret impérial, l'ingénieur devait faire les métrés, nivellements, levés des plans, etc.; mais à mesure que le service de l'ingénieur ordinaire s'est étendu, il a été forcé de confier à ses collaborateurs une partie de la besogne qu'il ne pouvait plus faire lui-même, et aujourd'hui ce sont les conducteurs qui prennent les attachements, font les nivellements, dessinent les plans. Ce sont eux, en un mot, qui réunissent les éléments des projets et souvent en étudient les dispositions avec leurs chefs. Les conducteurs capables et exercés jouent un rôle non moins important dans la conduite des travaux.

Bien des causes ont concouru à ce rapide progrès du corps des conducteurs des ponts et chaussées; mais on doit surtout le regarder comme une des conséquences de ce mouvement qui emportait le pays vers une ère de paix et de féconde activité. L'État et l'industrie privée rivalisaient d'activité, et pendant que l'on ouvrait des routes, des canaux, des chemins de fer, de nouvelles usines et des machines puissantes s'établissaient sur tous les points du territoire.

Cette tendance générale a rehaussé et ennobli tout ce qui tenait aux travaux publics, montré leur haute utilité, et y a fait affluer des jeunes gens de mérite qui, quelques années plus tôt, auraient cherché dans la carrière des armes un aliment à leur activité.

Les écoles d'arts et métiers de Châlons et d'Angers ont versé dans le corps des conducteurs des sujets précieux, sachant en général bien dessiner, et ayant reçu une bonne éducation professionnelle. L'école des mineurs de Saint-Étienne et l'école

centrale lui ont fourni aussi, mais en moindre nombre, de très-utiles recrues. Le génie et l'artillerie lui ont donné quelques uns de ces sous-officiers si précieux pour leur esprit d'ordre et de discipline, leur habitude de manier les hommes; l'administration du cadastre lui a cédé de bons géomètres, et enfin l'émigration polonaise y a amené quelques jeunes gens instruits, et beaucoup d'autres remarquables par une bonne tenue.

Les ingénieurs eux-mêmes, sentant le besoin de tirer un meilleur parti de l'intelligence de leurs collaborateurs, ont ouvert dans leurs bureaux de véritables écoles, où ils ont enseigné une partie des connaissances qu'ils avaient puisées à l'école polytechnique. Plus d'un conducteur habile a dû à ces bienveillantes leçons la plus grande partie des connaissances qu'il possède.

C'est grâce à ce concours de circonstances que le corps des conducteurs des ponts et chaussées a été amené à faire en quarante ans les progrès remarquables que nous avons signalés, et que constate si éloquemment le rapprochement des programmes de 1804 et de 1847.

Ainsi, amélioration notable dans le personnel du corps des conducteurs, et en regard, on doit le dire, amélioration réelle aussi dans leur position. Le décret de 1804 fixait à 1,500 fr. le traitement maximum des conducteurs. Ce traitement peut atteindre aujourd'hui le chiffre de 2,000 fr. Le nombre des conducteurs embrigadés a été porté de 350 à 1,000. Quelques décorations ont été accordées à ceux qui se sont distingués dans leur service, et enfin aujourd'hui soixante-trois d'entre eux remplissent les fonctions d'ingénieurs.

Mais, la Commission ne craint pas de le dire, ces améliorations sont insuffisantes. Jusqu'à trente-cinq ou quarante ans, l'avancement successif soutient l'ardeur des employés, montre un but à leurs efforts, une récompense à leur mérite; mais, une fois le dernier grade d'embrigadement obtenu, ils ne voient plus devant eux qu'une barrière infranchissable : plus d'émulation, plus d'espérance; le conducteur est encore dans la

force de l'âge, dans toute la vigueur de l'esprit; il a acquis de l'expérience, il est plus que jamais en état de rendre de bons services, mais il sait que ces services n'amélioreront en rien sa position; qu'il a obtenu tout ce que l'administration peut lui donner, et qu'il n'a rien de plus à attendre d'elle. S'il ne perd alors tout zèle et toute activité, il faut l'attribuer au sentiment du devoir, aux habitudes laborieuses qui le protégent contre le découragement.

Mais cette combinaison n'en est pas moins mauvaise, puisqu'elle ne tend, en définitive, qu'à amortir l'activité, qu'à laisser oisif chez les employés un savoir chèrement acquis; puisque, enfin, elle n'a aucune action pour relever les hommes, et tend au contraire à les affaisser.

Et, par une singularité qui ne s'expliquerait pas, si on ne tenait compte des circonstances dans lesquelles a été rendu le décret de 1804, cette disposition n'existe que dans l'administration qui exige de ses employés le plus d'efforts de toute nature.

Dans les autres administrations, en effet, rien de semblable n'a lieu. On peut débuter comme expéditionnaire et devenir chef de service; et non-seulement on le peut, mais cela se voit fréquemment. Dans l'industrie privée, un ouvrier devient le commis de son maître, puis son associé, et définitivement son successeur. A l'armée, chaque soldat porte dans son sac son bâton de maréchal.

Pourquoi donc nos sous-officiers ne trouveraient-ils pas sur les chantiers leur commission d'ingénieur? Pourquoi leur refuserait-on le bénéfice d'un avancement qui est admis en principe dans les autres administrations de l'Etat? Pourquoi enfin ne serait-on pas aussi bienveillant en leur faveur que le maître d'une usine l'est pour ses employés? N'y a-t-il pas parité de droits, de service et de positions?

On conteste quelquefois aux conducteurs le droit de demander de l'avancement. On leur dit : « Vous êtes entrés dans le corps des ponts et chaussées, sachant bien quel avenir vous y

était réservé, quels obstacles rencontrerait votre avancement. Vous avez accepté la position de conducteur avec les conditions qui y sont attachées ; vous ne pouvez aujourd'hui élever de justes réclamations contre les limites trop étroites de cette carrière, que vous avez librement embrassée. »

Mais cette liberté de choix dont on parle ne signifie rien, en réalité, pour l'homme qui a besoin de travailler pour vivre et devant lequel ne s'ouvre qu'une seule carrière. Il ne s'arrête pas à considérer si cette carrière est pénible, si elle le condamne à la médiocrité, si elle ne lui promet aucun avantage sérieux en échange de ses efforts : il ne voit qu'une chose, c'est qu'elle lui donne du pain, et il accepte. Mais l'État ne doit évidemment pas profiter de cette gêne et de cette misère pour imposer des conditions dures ou blessantes ou contraires à l'équité. Il doit avant tout consulter la justice, et elle commande de faire à chaque homme une position qui soit en harmonie avec les services qu'il rend, et de ne pas exiger de lui un travail pénible, des fatigues de toute nature, pour ne lui donner en échange qu'un traitement insuffisant, sans aucune espèce d'amélioration ultérieure.

La prudence conseille de ne pas exposer la fragilité humaine à de trop rudes épreuves, et de venir en aide à la probité et aux bons sentiments des agents, par la perspective d'avantages sérieux : l'État ne saurait le méconnaître; il doit aussi consulter ses véritables intérêts et tirer de chacun des hommes qu'il emploie tout le travail, tous les efforts d'intelligence qu'il peut en obtenir, et se hâter d'accorder l'avancement dans de bonnes et sages conditions, si c'est le moyen de doubler, sans qu'il en coûte au Trésor, le travail que font les conducteurs et les services qu'ils rendent. Et ce n'est pas seulement un zèle individuel, c'est une ardente émulation que l'espoir de l'avancement fera naître entre tous, puisque, pour profiter des avantages nouveaux qui seront offerts, il faudra non-seulement faire bien, mais faire mieux que ses concurrents.

Si l'on améliore la position des conducteurs, la considération

nouvelle dont elle sera entourée y attirera beaucoup de jeunes gens de mérite, qui seraient allés porter ailleurs leur activité et leur intelligence.

Et enfin, si, comme cela ne peut manquer d'avoir lieu, il se rencontre parmi les conducteurs des hommes d'un mérite éminent, la disposition qui leur permettra de tirer parti dans une haute position des facultés précieuses qu'ils possèdent, ne sera-t-elle pas avantageuse au pays? Sur toutes ces questions, le doute n'est pas permis.

L'avancement des conducteurs, entouré de précautions et de garanties convenables, est donc d'intérêt public. Il est aussi par cela seul conforme aux véritables intérêts du corps des ponts et chaussées, qui ne sont pas distincts de ceux du service dont ils sont chargés. Ajoutons cependant quelques considérations qui se rapportent à ce dernier ordre d'idées.

Maintenant, lorsque les conducteurs ont acquis sur les chantiers de l'État une expérience spéciale et difficile, il arrive souvent que ces agents n'ayant plus rien à attendre de l'administration, la quittent et vont utiliser ailleurs ce savoir dont l'État a fait les frais. Les vétérans partent et sont remplacés par des recrues que l'on forme jusqu'au moment où elles désertent à leur tour; ou bien, s'ils restent dans l'administration, un grand nombre d'entre eux joignent à leurs fonctions celles d'agents voyers, de géomètres experts, d'architectes de petites villes. Ces travaux, qu'il serait bien difficile d'interdire à des pères de famille, sont d'abord pour eux l'accessoire, et finissent quelquefois par devenir le principal et par prendre le meilleur de leur temps.

Avec l'avancement, rien de tout cela n'aura lieu. Les sujets d'élite resteront au lieu d'aller chercher fortune ailleurs, et les ingénieurs n'auront pas à former fréquemment des agents qui, à peine instruits, quittent l'administration. Le corps des ponts et chaussées trouvera donc son compte à cette mesure.

A un autre point de vue, elle présente des avantages aussi certains. Aujourd'hui, on le sait, les ingénieurs des ponts et

chaussées procèdent par la théorie : ils ont étudié dans le silence et le recueillement des écoles les résultats de l'expérience de leurs devanciers ; ils ont reçu la science toute faite, l'ont apprise en bloc et d'un seul jet : aussi forme-t-elle dans leur esprit un ensemble bien défini ; et quand des observations attentives et des travaux pratiques viennent plus tard la compléter, elle offre incontestablement la meilleure préparation pour former de bons ingénieurs. Seulement elle a l'inconvénient de pousser quelquefois l'esprit à des généralisations trop promptes, à des recherches trop exclusivement mathématiques.

Les conducteurs, au contraire, arriveront au grade d'ingénieur avec des dispositions inverses. Chez eux, la pratique aura précédé la théorie, l'observation du fait aura devancé la règle, et leur science moins étendue se présentera surtout à leur esprit sous son aspect applicable.

Ainsi, l'arrivée des conducteurs introduira dans le corps des ingénieurs des aptitudes différentes de celles qui s'y trouvent déjà, et complétera les ressources dont dispose l'administration.

Ces aptitudes sont en général inférieures à celles des ingénieurs actuels, mais elles seront d'ordre différent, et c'est là surtout ce qui les rend précieuses et doit faire désirer leur introduction dans le corps.

Si des collaborateurs affectueux, dévoués à leur service, sont préférables à des employés d'une bienveillance et d'un zèle équivoques, les ingénieurs auront, eux aussi, beaucoup à gagner à l'avancement de leurs conducteurs.

L'unité d'intérêt, l'harmonie, qui régneront désormais entre les chefs et les subordonnés, donneront une nouvelle force à un corps que l'importance même de ses services expose à d'incessantes attaques.

Ainsi donc, à tous les points de vue, et dans l'intérêt de l'État, aussi bien que dans celui du corps des ponts et chaussées et des ingénieurs eux-mêmes, l'avancement des conducteurs est

une mesure utile. Aussi la commission l'a-t-elle votée à l'unanimité.

Admission des Élèves des Ecoles spéciales et des Ingénieurs civils.

Aucune des nombreuses et puissantes raisons que l'on peut faire valoir en faveur de l'avancement des conducteurs ne s'applique à l'admission, dans le corps des ponts et chaussées, des ingénieurs civils ou des élèves des écoles spéciales.

L'équité et l'intérêt public sont ici complétement hors de cause, et la question ne s'élève pas au-dessus des proportions d'une affaire d'intérêt privé.

Il est évident que les jeunes gens formés dans les écoles spéciales ne peuvent offrir que des aptitudes analogues à celles des ingénieurs des ponts et chaussées, et en général d'une valeur moindre, parce que leurs études sont moins fortes et moins longues. Ils ne peuvent prétendre à des connaissances pratiques, car elles ne s'acquièrent que sur les chantiers et sont le prix de longs et pénibles travaux ; pas davantage à des aptitudes spéciales qui ne seraient ni théoriques ni pratiques, et qui proviendraient de leur mode d'instruction et leur appartiendraient en propre. Ils ne peuvent donc apporter à l'administration que des éléments du même ordre que ceux qu'elle possède, et dès lors on ne voit pas qu'il puisse y avoir quelque intérêt public à les admettre dans le corps.

En rendant, comme il en a le projet, l'enseignement scientifique gratuit pour tous les enfants pauvres et intelligents, en levant la barrière qui s'oppose à l'avancement des conducteurs, le gouvernement républicain aura satisfait dans une large mesure aux justes exigences de l'esprit démocratique de notre époque. Si pauvre que l'on soit, et de si bas que l'on parte, pourvu que l'on ait l'intelligence nécessaire, on pourra pénétrer dans le corps des ponts et chaussées, y parvenir aux grades les plus élevés. Une double voie est ouverte à tous sans

exception de fortune ; l'esprit le plus équitable ne peut rien exiger au-delà.

Du reste, ce n'est pas à ce point de vue que l'école centrale, qui a plus que toute autre école particulière la légitime prétention de former des ingénieurs, pourrait se recommander avec quelques chances de succès. Elle est plus dispendieuse que l'école polytechnique ; elle appartient à une société particulière qui ne pourra pas, dans un but d'utilité générale, consentir à des sacrifices en faveur des enfants pauvres. Elle restera donc réservée à des jeunes gens qui, par leur fortune, auront les moyens d'arriver à l'école polytechnique. S'ils ne peuvent ou ne veulent en subir les difficiles épreuves, ils n'ont évidemment aucun titre à en réclamer les bénéfices.

S'il était permis aux élèves de l'école centrale de concourir avec les élèves sortant de l'école des ponts et chaussées, ils pourraient parvenir en quatre ans par la première voie au but que les autres atteignent au bout de huit ans seulement par la seconde. Ce serait donc une prime de quatre ans donnée à l'école centrale au détriment de l'école polytechnique et de celle des ponts et chaussées, c'est-à-dire au détriment des études les plus consciencieuses et les plus fortes.

Nous ne parlons pas d'un concours entre les élèves de l'école polytechnique et ceux de l'école centrale, parce qu'il ne nous paraît pas possible d'établir une comparaison sérieuse entre des jeunes gens dont les études ont été si différentes. Peut-on espérer d'ailleurs qu'un concours, si complet, si sérieux qu'il puisse être, parvienne toujours à mettre en évidence la capacité réelle ? C'est au moins douteux, car les examens ont leurs bonnes et leurs mauvaises chances. Le hasard y vient plus d'une fois en aide à la médiocrité. Mais un ensemble d'épreuves fréquemment répétées, diversement combinées, ainsi que cela a lieu aux écoles polytechnique et des ponts et chaussées, finit toujours, dans la limite de justesse des appréciations humaines, par donner raison au véritable mérite, et ne saurait en aucune manière être remplacé par un concours unique.

Quant aux ingénieurs civils qui ont exécuté de grands travaux privés, leur position est autre que celle des élèves sortant des écoles spéciales, mais leur demande ne serait pas plus fondée. Ils peuvent invoquer en leur faveur leur expérience, leur savoir pratique, leur réputation faite, leur capacité quelquefois égale à celle des ingénieurs des ponts et chaussées; mais cette égalité de mérite leur donne-t-elle des droits réels aux emplois de l'État? La Commission ne saurait l'admettre. Il lui semble que l'État ne saurait pas plus avoir la pensée de monopoliser toutes les intelligences que celle de monopoliser toutes les industries; et comme il restera toujours en dehors des travaux publics des constructions particulières qui réclameront le concours d'hommes habiles qui, dans l'intérêt de la bonne gestion des ressources du pays, dans l'intérêt de notre industrie elle-même, devront toujours être éclairés par les lumières de l'art, il lui paraît utile, indispensable, qu'il y ait des ingénieurs civils nombreux et capables, et leur rivalité même avec les ingénieurs de l'État est encore à ses yeux une source d'émulation et d'efforts dont le pays profite.

Cette considération écartée, reste encore la très-grande difficulté d'apprécier le mérite des ingénieurs civils, d'organiser un système de concours qui fasse reconnaître ce qu'il y a de vrai, de réel, dans ces réputations où la publicité joue quelquefois un grand rôle, et surtout de mettre en évidence ces qualités solides qui font les bons administrateurs, et ne se reconnaissent pas aux examens.

Il reste la difficulté d'assimiler aux grades de l'administration des ponts et chaussées, grades parfaitement définis, et formant une hiérarchie complète, des positions et des titres qui n'ont rien de régulier et qui ont pu être pris et donnés sans aucun contrôle. Il n'existerait, pour cette assimilation, aucune base certaine, car, à coup sûr, on ne saurait adopter celle des appointements.

Et enfin, si grand que soit leur mérite réel, il est douteux que des ingénieurs civils, façonnés à des habitudes d'autorité

absolue, d'indépendance complète, puissent se plier suffisamment aux règles sévères de l'administration des ponts et chaussées. Il est douteux, surtout, qu'ils puissent acquérir facilement la pratique des affaires administratives ou contentieuses, qui occupent une si grande place dans cette administration, et que, même avec un talent véritable, ils puissent rendre de grands services dans une position supérieure.

Conditions d'admissibilité.

La détermination des conditions d'admissibilité est le point le plus délicat des travaux de la Commission. En effet, si ces conditions ne sont pas combinées de manière à écarter tous les candidats qui ne prendraient pas leur service au sérieux, à donner des gages à la discipline, à favoriser l'accomplissement de tous les devoirs, l'avancement que l'on propose pour les conducteurs, si équitable qu'il paraisse en principe, sera défavorable aux bons employés, onéreux au Trésor, et beaucoup plus nuisible qu'utile à l'administration des ponts et chaussées.

Il faut évidemment, et dans l'intérêt même des conducteurs dévoués à leur service, que l'on écarte tous les hommes qui n'embrasseraient les fonctions de conducteur que pour tourner l'école polytechnique et arriver sans fatigue aux emplois qu'elle fait acheter par de longs travaux. Le meilleur moyen d'arrêter toutes ces ambitions sans courage, c'est de leur imposer un long noviciat.

La Commission a adopté le terme de dix ans. Elle tient à ce que cette durée de service soit effective, c'est-à-dire qu'il soit fait déduction dans les calculs des dix années, des congés qui auront pu être accordés aux employés, n'importe à quel titre; car il serait facile, sans cela, d'éluder la règle au détriment des conducteurs sérieux.

Comme on ne peut être conducteur avant vingt et un ans, et qu'avec la condition de subir des examens, on ne le sera

guère en moyenne avant vingt-trois ans, ce sera donc vers trente-trois ans que l'on pourra songer à devenir ingénieur. Or, il est probable qu'avant cet âge tous ceux qui n'auraient pas sincèrement embrassé la profession de conducteur, tous ceux qui n'auraient eu en vue que d'arriver facilement au grade d'ingénieur auront renoncé à un trop dur apprentissage et disparaîtront des contrôles.

Il faut que le nouvel avantage accordé aux conducteurs vienne en aide à la discipline, et la renforce au lieu de l'ébranler. Pour cela, il faut que l'aptitude à subir les examens soit constatée hiérarchiquement, et que l'on fasse entrer en ligne de compte, pour déterminer le choix des candidats, leur moralité, les services rendus dans les fonctions de conducteur, et, enfin, toutes ces qualités solides, si utiles dans les administrations, et qui ne se reconnaissent pas aux examens.

Il faut, en un mot, que l'on ne puisse jamais devenir ingénieur, si l'on n'a été un excellent conducteur, ayant toujours pleinement satisfait à tous ses devoirs.

C'est dans ce but que le premier choix à faire entre tous les conducteurs remplissant toutes les conditions de service voulues a été réservé, dans chaque département, à une commission composée de tous les ingénieurs, sans distinction de service, commission réunie et présidée par l'inspecteur divisionnaire en tournée.

Il faut que les conducteurs ne puissent, pour cause ou sous prétexte d'études, enlever à l'État une partie du temps qu'ils lui doivent, et l'employer pour leur utilité et leur convenance personnelle. Il faut donc que l'examen d'admission au grade d'ingénieur ne leur impose pas la nécessité d'études autres que celles auxquelles les appelle et les astreint leur service même; il faut qu'en étudiant avec soin toutes les questions d'art, d'administration, de comptabilité, qui se traitent journellement sous leurs yeux et avec leur concours, ils se préparent à leurs examens. En un mot, il faut que, par cela seul qu'ils auront

très-bien rempli, aux bureaux et sur les chantiers, les fonctions qui leur seront confiées, ils se trouvent préparés pour leur concours.

Pour cela il est nécessaire que le programme d'examen ne comporte que les connaissances pratiques indispensables à l'ingénieur des ponts et chaussées, et soit dégagé de toute théorie scientifique trop élevée.

C'est d'après ces considérations que le programme suivant est proposé.

Les candidats seront tenus de préparer :

1° Un projet de route de canal ou de chemin de fer;

2° Un projet de pont fixe ou suspendu;

3° Un projet d'écluse ou de barrage en rivière avec pertuis.

Ces projets doivent être accompagnés de mémoires destinés à justifier, au point de vue de la théorie et de la pratique, les dispositions adoptées.

L'un d'eux au moins comprendra les dessins des machines ou apparaux nécessaires pour en assurer l'exécution.

Les candidats devront, en outre, traiter par écrit plusieurs questions relatives à l'art de l'ingénieur, et subir un examen oral sur toutes les parties du service.

On insistera de préférence sur les questions se rapportant au genre de travaux dans lequel chaque candidat aura plus particulièrement été employé, et on s'assurera d'ailleurs que les concurrents possèdent à un degré suffisant toutes les notions immédiatement applicables à la rédaction des projets et à la solution des questions administratives et contentieuses.

Les examens seront publics; les dessins et pièces de concours seront exposés dans la salle des séances de la commission d'examen, afin de donner aux concurrents toutes les garanties désirables d'impartialité et de bon jugement.

Proportion des Ingénieurs à prendre parmi les Conducteurs.

La détermination du chiffre des conducteurs à admettre annuellement est le seul point sur lequel la Commission se soit

partagée. La discussion a été longue, plusieurs fois reprise, et ce n'est qu'à la majorité d'une seule voix (quatre contre trois), que la décision mentionnée ci-après a été rendue.

Cette divergence d'avis provient avant tout de ce que la question à résoudre n'est pas une question de principe ; chacun la résout suivant le sentiment qu'il a des ressources que présente le corps des conducteurs, suivant l'importance qu'il attache aux connaissances théoriques chez les ingénieurs, et enfin suivant le regret qu'il éprouve de voir enlever à l'école polytechnique les places auxquelles elle tient le plus. Toutes ces appréciations, qui ne peuvent guère se combattre et se détruire par des raisonnements, ont donné lieu nécessairement à une hésitation qui ne s'était pas rencontrée sur les questions essentielles.

Les conducteurs, s'assimilant aux sous-officiers de l'armée, demandent qu'on leur accorde les mêmes droits à l'avancement et qu'on leur réserve le tiers des places d'ingénieurs annuellement vacantes. Mais cette assimilation n'est pas exacte, et les conséquences qu'ils voudraient en tirer paraissent dangereuses à la Commission.

En effet, on recrute l'armée par la conscription, c'est-à-dire par la force légale ; on impose le service militaire à beaucoup de jeunes gens qui n'en ont nulle envie, on les arrache à leur famille, à leurs affections, au travail qui les fait vivre. On leur doit donc une compensation ; il convient d'adopter à leur égard les dispositions les plus libérales.

On récompense par l'avancement dans l'armée les dangers courus, les fatigues subies, les blessures reçues et aussi le sang-froid dans les épreuves, le coup d'œil juste, l'habileté stratégique, toutes ces aptitudes militaires enfin que la nature donne, qui ne s'acquièrent pas dans les écoles, et confèrent des titres au commandement à tous ceux qui les possèdent.

Dans le corps des ponts et chaussées, pas de recrutement forcé, et dès lors aucune des obligations qu'il entraîne à sa suite.

Comme titres à l'avancement, des épreuves, mais d'une

autre nature et exigeant une autre sorte de courage, une autre sorte d'aptitude, et laissant beaucoup moins de place au mérite inné et beaucoup plus au savoir acquis. Un soldat se révèle officier au feu ; un conducteur ne sera reconnu ingénieur qu'à la longue, après de laborieuses et patientes études.

On a fait observer que la proportion des ingénieurs sortis de la classe des conducteurs serait toujours plus faible dans l'effectif total du corps que dans les contingents annuels. Ainsi, par exemple, que si on accorde aux conducteurs le tiers des places d'ingénieurs annuellement vacantes, ils ne formeront cependant que le quart au plus de l'effectif total du corps.

Ce fait est exact et nous le démontrerons plus tard ; mais la Commission n'a pas pensé qu'il fût suffisant pour motiver l'adoption de la proportion du tiers.

Il lui a paru qu'enlever tous les ans à l'école polytechnique le tiers des places d'ingénieurs des ponts et chaussées qui lui sont accordées, ce serait lui causer un notable dommage. Ces places sont les plus recherchées ; beaucoup d'élèves n'entrent à l'école et ne font des efforts, une fois entrés, que pour les obtenir. Si on les diminue aussi fortement, l'école perdra une partie des jeunes gens qui se présentent, et ceux qui lui resteront travailleront avec moins de courage.

D'ailleurs, à ne considérer que le corps des ponts et chaussées lui-même, l'admission d'un aussi grand nombre d'ingénieurs non sortis de l'école aurait aussi de graves inconvénients. Elle amènerait un amoindrissement notable dans l'élément théorique et savant de ce corps. Et comme, par la force des choses, et sans avoir recours à aucune mesure restrictive, les conducteurs devenus ingénieurs ne pourront, en raison de leur âge, s'élever aux grades supérieurs, qu'ils s'accumuleront dans les trois classes d'ingénieurs ordinaires, ce serait sur ces derniers que porterait cette diminution des connaissances qui pourrait ainsi devenir dommageable au service.

La Commission a donc repoussé la proportion du tiers comme trop forte ; celle du cinquième lui a paru trop faible pour le

nombreux personnel des conducteurs, et a admis celle du quart, mais à la majorité d'une seule voix (4 contre 3).

Avec cette dernière proportion, le chiffre total des ingénieurs sortis des rangs des conducteurs ne sera guère que le cinquième au plus de l'effectif total ; car si l'on admet un recrutement annuel de vingt-quatre ingénieurs, les conducteurs en fourniront six, les élèves de l'école dix-huit. Mais ces derniers seront ingénieurs à vingt-cinq ans, les autres à trente-cinq en moyenne; s'ils quittent tous le corps au même âge, soixante ans par exemple, les uns y auront passé vingt-cinq, les autres trente-cinq ans. D'où il résulte qu'en ne tenant pas compte de la mortalité, les premiers y seront au nombre de 35×18 ou 630, les autres de 25×6 ou 150. La proportion de ces derniers, dans l'effectif total, sera donc de 150/780 ou 0,184, c'est-à-dire un peu moins du cinquième. On peut même dire que ce chiffre serait encore plus faible, parce que les élèves de l'école parvenant aux grades supérieurs en beaucoup plus grand nombre, quitteraient en réalité à un âge plus avancé que les autres.

Ainsi, la proportion adoptée est du quart pour le recrutement annuel et varie du cinquième au sixième pour l'effectif total. Mais il ne faut pas perdre de vue que cet effectif ne sera atteint qu'au bout d'une période de vingt-cinq ans environ.

Les trente dernières promotions d'ingénieurs se sont élevées en moyenne au chiffre de vingt-quatre, et, en général, les variations de l'une à l'autre n'ont pas été brusques, à l'exception, toutefois, d'une période de quatre ans (de 1836 à 1840), pendant laquelle les contingents annuels ont été notablement augmentés. L'un d'eux même a atteint le chiffre de 47. Si un pareil fait se reproduisait, ne serait-il pas de nature à faire regretter l'adoption de la proportion du quart? Est-on sûr de trouver pendant quatre années de suite dix ou onze conducteurs capables de devenir ingénieurs, et si on court chance de ne pas les rencontrer, ne vaut-il pas mieux dès à présent renoncer à les prendre, et décider que la part réservée aux conducteurs dans le con-

tingent annuel sera habituellement du quart, mais ne pourra jamais dépasser le chiffre de 8, par exemple? Cette opinion est celle d'une partie des membres de la Commission.

Mais la majorité ne l'a pas adoptée. Elle a admis que le corps des conducteurs, tel qu'il est aujourd'hui sous le coup encore de règlements qui ne tendent pas à y développer l'activité et les études, pourrait déjà suffire à ce recrutement exceptionnel, et que, par la suite, préparé aux nouvelles destinées qui lui sont faites, il serait en mesure de répondre à tous les appels.

Rien ne prouve d'ailleurs que des circonstances analogues à celles qui ont motivé l'accroissement subit du corps des ponts et chaussées, se renouvelleront encore. Il est probable même que si un nouvel accroissement doit avoir lieu, il s'opérera d'une manière continue, qu'il sera accompagné d'une augmentation correspondante dans le personnel des conducteurs, et, si les choses se passent ainsi, il n'y aura nul inconvénient à prendre deux fois plus d'ingénieurs dans un nombre double de conducteurs. La fixation d'un maximum équivaudrait, pour ce cas, à une réduction dans la proportion accordée.

Laisser aux examinateurs des pouvoirs entièrement discrétionnaires, leur permettre de déclarer, dans certains cas, qu'aucun concurrent ne leur paraît digne de devenir ingénieur, ce serait leur donner le droit de revenir, de leur autorité privée, sur une mesure adoptée en principe, ce serait provoquer de nombreux mécomptes et des récriminations violentes. La commission a vu dans cette disposition un danger qu'elle a écarté en adoptant la proportion fixe du quart.

Mais cette proportion fixe a aussi ses dangers, qui ont vivement frappé certains membres de la commission. Il peut arriver, en effet, que les candidats examinés se trouvent faibles, et que, pour arriver au chiffre voulu du quart, on soit obligé d'en prendre que l'on aura reconnus peu capables. Ne serait-il pas rationnel, dans ce cas, d'autoriser les examinateurs à diminuer le contingent fixé jusqu'à la limite du sixième. Cette disposition aurait, en outre, l'avantage de stimuler constamment les candi-

dats par la crainte de n'être pas admis et de ne pas restreindre les pouvoirs des examinateurs à un simple travail de classement.

Tout en reconnaissant la valeur des motifs allégués à l'appui de cette réduction éventuelle, la majorité de la Commission n'a pas cru pouvoir l'adopter.

Elle a pensé que l'objection faite contre la proportion du quart pouvait, avec tout autant de raison, être retournée contre celle du sixième, et que, dès l'instant que l'on reconnaît le danger de laisser aux examinateurs des pouvoirs discrétionnaires, il vaut mieux, à tous égards, adopter une proportion entièrement fixe.

Si on permet, dans le cas de concours faible, de réduire au sixième du contingent le nombre des places, habituellement fixé au quart, il serait juste que, dans le cas de concours d'une force exceptionnelle, on ait le droit de l'augmenter et de le porter au tiers. La réduction éventuelle de la proportion fixée entraînerait donc, comme conséquence logique, une augmentation possible dans des cas déterminés, et dès lors, le bénéfice de la mesure que l'on propose serait presque entièrement subordonné au jugement et aux idées d'une commission qui varierait tous les ans.

Les pouvoirs des examinateurs sont loin d'être trop restreints, et le classement d'après le mérite relatif a encore une haute importance. Il donne à certains candidats le brevet d'ingénieur; à d'autres, comme on le verra tout à l'heure, celui de sous-ingénieur, et il condamne les plus faibles à rester dans leur position de conducteurs. Evidemment, il a sur leur avenir une très-grande influence, et confère à la commission qui le fait des pouvoirs très-étendus.

Juger d'une manière absolue que tel sujet est capable d'être ingénieur, c'est comparer ce sujet à un idéal d'ingénieur que l'on s'est formé. Mais il peut arriver que cet idéal soit tel, que l'on ne trouve aucun des candidats qui s'en rapproche. Et cette disposition d'esprit peut n'être pas particulière à un membre;

elle peut être partagée par la majorité des examinateurs, qui, dès lors, substituera très-consciencieusement la proportion du tiers à celle du quart. Et nous ne parlons pas ici de ces mille et une causes qui influent sur les jugements des hommes, et les rendent si incertains et si variables.

Il ne faut donc pas demander à la commission d'examen une déclaration absolue de capacité, mais seulement un classement d'après le mérite relatif des concurrents. Les dangers que l'on courra de faire de mauvais choix seront en réalité assez faibles, puisque tous les sujets examinés auront déjà passé par la double épreuve d'un premier triage fait par une commission locale, et d'un second triage par le comité des inspecteurs.

La faculté de restreindre la proportion du contingent exposerait la commission d'examen à des accusations de partialité, de répulsion systématique, qu'il faut d'autant plus lui éviter, que sa composition ne serait pas de nature à l'en garantir aux yeux des gens prévenus.

Pour ces diverses raisons, la majorité de la Commission a persisté à adopter le chiffre fixe du quart pour la proportion des ingénieurs à prendre chaque année parmi les conducteurs.

Nombre et choix des Candidats.

Dans chaque département, une commission locale, composée de tous les ingénieurs de divers grades et réunie sous la présidence de l'inspecteur divisionnaire, discutera les titres des conducteurs les plus capables, et présentera une liste par ordre de mérite de ceux qui lui paraîtront dignes de concourir pour les places d'ingénieurs. Procès-verbal sera dressé des opérations de cette commission et des discussions auxquelles aura donné lieu la présentation de chaque candidat.

Voilà un premier choix dont le résultat sera infailliblement de reléguer dans l'ombre toutes les médiocrités.

L'inspecteur divisionnaire fondra toutes les listes de commissions locales de sa division en une seule, sur laquelle il placera es candidats par ordre de mérite, en ayant soin de profiter.

pour juger de la valeur comparative de tous les renseignements qui lui ont été fournis par les commissions locales.

Si l'on admettait au concours tous les auditeurs portés sur les listes des inspecteurs, il pourrait arriver que leur nombre fût très-grand, et par suite, les examens très-longs, les frais de déplacement très-dispendieux à l'État, et que beaucoup de services se trouvassent privés de leurs meilleurs employés. Aussi, la Commission a-t-elle cru nécessaire de réduire le chiffre des concurrents au quadruple des places d'ingénieurs à donner aux conducteurs.

La fixation de la liste définitive des candidats sera opérée par le comité des inspecteurs, qui prendra sur toutes les listes qui lui seront soumises, et jusqu'à concurrence du nombre fixé, les noms des concurrents qui lui paraîtront le plus dignes d'être admis à l'examen. Ce troisième triage, fait en séance générale des inspecteurs, et sur le vu des procès-verbaux des commissions locales, donnera de nouvelles garanties d'impartialité dans la présentation, et de bon choix pour le concours.

A moins de circonstances exceptionnelles, un candidat sans mérite ne saurait franchir ces trois épreuves successives, et ne parviendrait même pas devant la commission d'examen.

Si on ne limite pas le nombre des examens que chaque candidat peut subir, il arrivera que le même conducteur, constamment mis sur les rangs, et toujours sans succès, pourra fermer la voie aux jeunes gens de mérite qui se trouveraient derrière lui dans le même service. Pour éviter cet inconvénient, la Commission a pensé qu'il conviendrait de fixer à trois au plus le nombre de fois que chaque candidat pourrait concourir.

Commission d'examen.

La commission d'examen doit donner des garanties sérieuses d'impartialité et de bon jugement. En la composant ainsi qu'il suit, on satisfait largement à ces doubles exigences de la science et de l'équité :

Un inspecteur général, président ;

Deux inspecteurs divisionnaires ;
Deux ingénieurs en chef ;
Trois ingénieurs ordinaires de différentes classes ;
Un chef de division de l'administration centrale.

S'il n'est fait aucune mention de l'origine des ingénieurs qui doivent la composer, c'est qu'il a paru utile d'effacer, autant que possible, toute trace de ces origines, de traiter sur le pied d'égalité la plus absolue tous les ingénieurs, et d'éviter, par conséquent, tout ce qui pourrait tendre à rappeler qu'ils n'ont pas pris la même voie pour parvenir.

D'ailleurs, tous sont également intéressés à ne faire que de bons choix, et la distinction que l'on pourrait faire entre eux aurait cela de fâcheux, qu'elle induirait à croire que leur intérêt n'est pas le même sur ce point.

Sous-Ingénieurs.

Beaucoup de conducteurs habiles sont aujourd'hui chargés, sous la direction de l'ingénieur ordinaire, de services détachés importants ou de la surveillance de grands travaux d'art. Ils ont sous leurs ordres quelques-uns de leurs collègues, moins habiles et moins avancés qu'eux, mais généralement ils ne peuvent en obtenir qu'une obéissance incomplète et qu'un concours passif, parce que l'autorité dont ils sont revêtus n'est pas suffisamment établie par les règlements, et qu'elle peut paraître le résultat d'un caprice du chef de service. Pour faire cesser cet état de choses, dommageable au service, il convient de créer un grade de sous-ingénieur correspondant aux fonctions mentionnées plus haut, et donnant pleine autorité sur les conducteurs. Cette création a d'ailleurs le très-grand avantage d'être un stimulant nouveau pour les agents secondaires de l'administration : deux distinctions au lieu d'une seront offertes à leur légitime ambition. A défaut du grade d'ingénieur, qui n'est réservé qu'à une faible minorité, celui de sous-ingénieur sera une récompense honorable.

La Commission a pensé qu'il convenait de mettre ce grade au concours comme celui de l'ingénieur, et dans les mêmes conditions. Les candidats pour le grade d'ingénieur étant tous classés d'après le résultat de leur examen, le premier quart recevra une commission d'ingénieur, et les deux quarts suivants celle de sous-ingénieur.

Ce mode d'admission, en même temps qu'il simplifie toutes les formalités, a ce grand avantage de rehausser le grade de sous-ingénieur, en lui donnant une communauté d'origine avec celui d'ingénieur.

Dans le principe, il ne se trouvera parmi les candidats que des conducteurs, et dès lors, s'il y a cinq places d'ingénieurs à donner par le concours, il y aura également dix places de sous-ingénieurs. Mais, comme ces derniers seront présentés dans les années suivantes comme candidats au grade d'ingénieur, et que plusieurs d'entre eux pourront ne pas obtenir ce grade, il en résultera qu'ils conserveront leur position, et qu'ainsi le nombre de sous-ingénieurs *nouveaux* fournis par chaque concours sera, en réalité, presque toujours moindre que celui qui a été indiqué dans le paragraphe précédent.

Cette considération n'aurait peut-être pas suffi à déterminer la Commission à ouvrir une autre voie pour arriver au grade de sous-ingénieur; l'observation suivante l'y a décidée.

Beaucoup de conducteurs habiles qui ont rendu de bons et loyaux services ne seraient pas aptes à passer des examens avec succès, et par conséquent de devenir de cette manière, soit ingénieurs, soit sous-ingénieurs. Cependant ils ont les droits les mieux fondés à la bienveillance de l'administration. La Commission a pensé qu'il convenait de permettre à de vieux serviteurs de pouvoir arriver sans concours au grade de sous-ingénieur. Mais elle a voulu qu'ils eussent au moins vingt ans de service dans le grade de conducteur, et qu'ils fussent présentés par l'ingénieur en chef et l'inspecteur divisionnaire. Elle a fixé à cinq le nombre des places de sous-ingénieur qu'on pourrait donner annuellement de cette façon.

Extension du cadre de l'embrigadement. — Réduction des classes de Conducteurs.

Le nombre des conducteurs embrigadés, c'est-à-dire définitivement attachés à l'administration et ayant des droits à la retraite, était fixé, par le décret de 1804, au chiffre de 350. Il a été depuis notablement accru ; le cadre normal devait être de 1,000, et le nombre des conducteurs dits auxiliaires est d'environ 2,500. La Commission a vu dans ce fait une anomalie qu'il importe de faire disparaître. S'il n'est pas possible de supprimer la classe des conducteurs auxiliaires, puisque l'administration a des besoins éventuels auxquels elle ne saurait satisfaire avec un personnel entièrement fixe, au moins faut-il la réduire aux plus simples proportions et n'y laisser que la partie réellement flottante et variable du personnel. Il faut que le grade de conducteur auxiliaire soit l'exception, et l'embrigadement la règle.

Bien qu'en principe les conducteurs auxiliaires ne soient pas définitivement attachés à l'administration, il faut cependant que, lorsque les circonstances auront permis de les conserver, et, plus tard, de les admettre dans le cadre de l'embrigadement, leurs droits à la retraite soient assurés depuis le jour où ils ont été nommés conducteurs, et que ce ne soit plus, comme aujourd'hui, un simple acte de bienveillance, mais bien un droit absolu.

La Commission regarde donc comme utile de réduire considérablement le nombre des conducteurs auxiliaires, en augmentant d'autant celui des embrigadés, et de donner aux premiers des droits incontestables à la retraite en les assujettissant à la retenue.

Le nombre des classes de conducteurs est aujourd'hui porté à six ; la Commission pense qu'il y a lieu de le réduire à quatre, à savoir : une de conducteurs auxiliaires, deux d'embrigadés et une de sous-ingénieurs, cette dernière donnant des droits

spéciaux et ne pouvant être obtenue que comme il a été dit précédemment.

Quant au mode de réduction des diverses classes et à l'élargissement du cadre de l'embrigadement, la Commission n'a rien voulu proposer ou conseiller, parce qu'il aurait fallu, pour le faire, entrer dans des détails de dispositions financières qu'elle n'a pas mission d'aborder et que les embarras du Trésor commandent d'ajourner.

Par cette même raison, et tout en reconnaissant l'insuffisance des appointements actuels des conducteurs, la Commission se borne à émettre des vœux pour qu'ils soient augmentés, et qu'aucun d'eux ne soit à l'avenir au-dessous du chiffre de 1,200 fr. Elle sait que, presque toujours, ces utiles employés reçoivent un traitement au-dessous de leurs besoins réels, qu'ils sont forcés, ou de faire des dettes, ou de se résigner à des privations pénibles. Cette position lui paraît inconvenante pour des fonctionnaires publics, pleine de dangers quand ces fonctionnaires manient, sans cautionnement, des sommes considérables, et sont constamment exposés à la tentation dans la surveillance des travaux.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, le grade de sous-ingénieur doit être intermédiaire entre ceux de conducteur et d'ingénieur. Les appointements afférents à ce grade devraient donc être plus élevés que ceux des conducteurs de première classe, plus faibles que ceux des ingénieurs de troisième classe. Mais il est impossible, aujourd'hui, d'adopter cette disposition rationnelle; car déjà les ingénieurs de troisième classe sont moins payés que les conducteurs de première. La seule mesure à prendre pour concilier ici la raison avec les faits, c'est, en attendant qu'une refonte générale des traitements ait fait disparaître toutes ces anomalies, de donner aux sous-ingénieurs le même traitement qu'aux conducteurs de première classe, et de leur assurer, pour la retraite, les avantages dont jouissent les ingénieurs et les employés de l'administration centrale, c'est-à-dire de permettre à

leur retraite d'atteindre les deux tiers du traitement des dernières années d'activité.

Dispositions transitoires relatives aux Conducteurs faisant fonctions d'ingénieurs.

On avait confié depuis plusieurs années les fonctions d'ingénieur à un assez grand nombre de conducteurs, et, aujourd'hui, soixante-trois d'entre eux les remplissent. La Commission s'est demandé si elle n'avait pas à se préoccuper de cet état de choses, et ne devait pas prendre pour ce cas exceptionnel des mesures également exceptionnelles.

Sans doute il est toujours dangereux de déroger à la règle, même dans les vues les plus droites et pour accomplir un acte de justice; mais ici les circonstances sont telles que cette dérogation sera nécessairement une mesure transitoire et ne pourra jamais être invoquée comme précédent.

Toutefois, les conducteurs faisant fonctions n'ont pas tous les mêmes titres, et il faut même, pour être vrai, reconnaître que la position dont ils ont joui n'a pas toujours été la récompense d'un mérite supérieur ou de services hors ligne. Ce sont quelquefois des circonstances particulières qui les ont désignés au choix de l'administration. On a pris alors, non les plus capables, mais ceux qui, par leurs antécédents, leur connaissance particulière de certaines localités, paraissaient les plus propres à y remplir les fonctions d'ingénieur. D'autres conducteurs au moins aussi méritants, mais qui n'étaient pas favorisés par un pareil concours de circonstances, n'ont pas joui de la même faveur. Aussi cette position ne peut être regardée comme constatant dans tous les cas une supériorité de mérite et donnant des droits spéciaux.

Mais ces fonctions, remplies avec dévouement et succès pendant longues années, créent évidemment des titres particuliers que l'on ne saurait méconnaître sans une excessive rigidité.

Les plus anciens conducteurs faisant fonctions ont donc au titre d'ingénieur des droits que n'ont pas leurs collègues plus

récemment nommés, et si on ne peut songer à les faire concourir pour ce titre avec des candidats en général beaucoup plus jeunes et occupant dans l'administration une position inférieure, la même difficulté ne se présente pas pour leurs collègues, qui, sous ce point de vue, rentrent complétement dans la règle commune.

Aussi les dispositions spéciales à prendre ne doivent, en bonne justice, atteindre que les plus anciens et les plus éprouvés des conducteurs faisant fonctions.

Ces dispositions ne consisteront pas à écarter le principe du concours, mais seulement à en modifier l'application et à décider que ces agents, dont la position est la même, ne concourront qu'entre eux.

Pour ces diverses raisons, la Commission a pensé qu'il convenait d'appeler à un concours spécial les vingt conducteurs faisant fonctions depuis longtemps, de donner aux cinq premiers d'entre eux la commission d'ingénieurs, et aux quinze autres celle de sous-ingénieurs.

Parvenue aux termes de ses travaux, la Commission sent le besoin, monsieur le Ministre, d'exposer en quelques mots l'esprit qui l'a dirigée.

S'isolant des préoccupations politiques, elle s'est recueillie dans sa conscience.

Elle a fait abstraction, pour un instant, de toutes ses sympathies, comme aussi de toutes les considérations étrangères qui pouvaient influer sur son jugement; elle a prononcé, comme elle l'eût fait dans des temps plus calmes, avec toute indépendance et en toute conviction.

En demandant pour les conducteurs la faculté de devenir ingénieurs, elle a satisfait à un devoir de justice; mais elle a voulu entourer cette mesure de toutes les garanties sans lesquelles elle deviendrait illusoire pour les employés laborieux, nuisible au service public, et à jamais regrettable pour le corps des ponts et chaussées.

Elle a voulu ouvrir la porte au véritable mérite, mais la

fermer à tout jamais au népotisme, à l'intrigue et aux abus; elle a voulu éviter surtout ce qui pourrait compromettre l'autorité et la discipline, si nécessaires dans une grande administration.

Dans sa conviction profonde, le temps est venu de modifier l'organisation du corps des ponts et chaussées en accordant l'avancement aux conducteurs; mais si cette mesure devait être prise sans les garanties dont elle l'a entourée, la Commission serait la première à la regretter vivement. et à y voir, non un progrès, mais la ruine d'un corps qui depuis cinquante ans a rendu au pays des services signalés.

Paris, le 7 juin 1848.

Les Membres de la Commission,

KERMAINGANT, ROBIN, MICHAL, LALANNE, THUILLEAUX, BIGARNE, KRANTZ.

Pièce N.

Projet de Décret.

AU NOM DU PEUPLE FRANÇAIS.

Le président du conseil des ministres, chargé du pouvoir exécutif,

ARRÊTE :

Le projet de décret dont la teneur suit sera présenté à l'Assemblée nationale par le ministre des travaux publics, qui est chargé d'en exposer les motifs et d'en soutenir la discussion.

TITRE PREMIER.

Modifications apportées au mode de recrutement des Ingénieurs des ponts et chaussées.

Article 1er. A l'avenir, le corps des ingénieurs des ponts et chaussées se recrutera en partie parmi les conducteurs embrigadés des ponts et chaussées, et les sous-ingénieurs dont l'organisation est réglée par le titre II du présent décret.

Art. 2. Tous les ans, le quart des sujets nouveaux à admettre dans le corps sera pris parmi les sous-ingénieurs et parmi les conducteurs embrigadés.

Les trois autres quarts continueront à être pris à l'école polytechnique et de passer par l'école des ponts et chaussées, conformément aux lois et décrets sur la matière.

Art. 3. L'admission des conducteurs ou sous-ingénieurs dans le corps des ingénieurs a lieu par la voie des concours.

Nul n'est admis à concourir s'il n'a au moins dix ans de service effectif, à partir de sa nomination au grade de conducteur auxiliaire.

Art. 4. Chaque année, à l'époque des tournées d'inspection, un conseil local, composé de l'inspecteur divisionnaire président, et des ingénieurs de tout grade employés dans chaque département, se réunit au chef-lieu pour examiner et comparer les titres des sous-ingénieurs et conducteurs aspirant au grade d'ingénieur ordinaire.

Procès-verbal est tenu des délibérations du conseil local.

Art. 5. Les inspecteurs divisionnaires, de retour à Paris, se réunissent en comité, et après communication réciproque des procès-verbaux recueillis dans leur tournée, ils arrêtent, à la majorité des voix, la liste définitive des candidats admis au concours de l'année.

Le nombre des candidats sera quadruple du nombre des brevets d'ingénieurs réservé pour le corps des conducteurs.

Nul ne pourra être admis à concourir plus de trois fois.

Art. 6. Les examens seront passés à Paris devant une commission désignée chaque année par le ministre et composée d'un inspecteur général, président, de deux inspecteurs divisionnaires, de deux ingénieurs en chef, de trois ingénieurs ordinaires de différentes classes, et d'un chef de division de l'administration centrale.

Les candidats appelés à Paris reçoivent des frais de voyage, calculés d'après le tarif en vigueur, et continuent de toucher le traitement intégral de leur emploi.

Art. 7. Les candidats seront tenus de rédiger :

1° Un projet de route, de canal ou de chemin de fer ;

2° Un projet de pont fixe ou suspendu ;

3° Un projet d'écluse ou de barrage en rivière avec pertuis.

Ces projets doivent être accompagnés de mémoires destinés à justifier, au point de vue de la théorie et de la pratique, les dispositions adoptées. L'un d'eux, au moins, comprendra les dessins des machines ou apparaux nécessaires pour en assurer l'exécution.

Les candidats devront en outre traiter par écrit plusieurs questions relatives à l'art de l'ingénieur, et subir un examen oral sur toutes les parties du service. On insistera de préférence sur les questions se rapportant au genre de service dans lequel chaque candidat aura été plus particulièrement employé.

La Commission s'assurera, d'ailleurs, que les concurrents possèdent à un degré suffisant toutes les notions immédiatement applicables à la rédaction des projets, ainsi qu'à la solution des questions administratives et contentieuses.

L'administration prendra les mesures d'ordre nécessaires pour assurer la sincérité du concours, en isolant les concurrents de toute assistance étrangère pendant le temps consacré à la rédaction des projets et mémoires.

L'examen est public, et les projets sont exposés dans la salle des séances.

Art. 8. Le classement des candidats examinés est fait d'après le système de nomination en usage à l'école polytechnique. Un règlement approuvé par le ministre attribue aux diverses matières du concours des coefficients numériques proportionnés à l'importance relative de chaque genre de connaissances.

Dans le mois qui suit la clôture du concours, le ministre fait délivrer le brevet d'ingénieur ordinaire de troisième classe, jusqu'à concurrence du nombre d'emplois disponibles, aux candidats classés les premiers sur la liste et dans l'ordre même de ce classement.

Ces nouveaux ingénieurs sont portés immédiatement sur les

contrôles du corps à la date de leur promotion, et concourent dès lors pour l'avancement à l'ancienneté ou au choix au même titre que les ingénieurs recrutés par la voie de l'école.

Les années de service qu'ils auront faites comme sous-ingénieurs ou comme conducteurs leur seront comptées pour la retraite.

TITRE II.

Des Sous-Ingénieurs et des Conducteurs.

Art. 9. Le grade de sous-ingénieur s'obtient de deux manières : par la voie du concours et par le choix de l'administration, sous les conditions réglées ci-après.

Art. 10. A l'issue de chaque concours annuel pour l'admission au grade d'ingénieur ordinaire de troisième classe, la commission d'examen peut proposer de conférer le grade de sous-ingénieurs aux concurrents classés immédiatement à la suite des candidats qui doivent être nommés ingénieurs, et jusqu'à concurrence d'un nombre double de celui des candidats.

Art. 11. Peuvent également être nommés sous-ingénieurs, les conducteurs présentés par l'inspecteur de la division et l'ingénieur en chef du service, lorsqu'ils compteront vingt années de services effectifs en qualité de conducteurs. Il ne sera pas fait, toutefois, dans cette catégorie, plus de cinq nominations par an.

Art. 12. Les sous-ingénieurs sont placés sous les ordres des ingénieurs ordinaires, et ont autorité sur les conducteurs. Ils sont chargés, de droit, dans chaque arrondissement, des services détachés les plus importants, et des fonctions d'ingénieurs par intérim pendant l'absence du titulaire.

Art. 13. Le traitement des sous-ingénieurs sera provisoirement le même que celui des conducteurs embrigadés de première classe.

Les retraites et pensions des sous-ingénieurs, ainsi que les droits de leurs veuves, seront réglés conformément aux dispositions du titre VIII du décret organique du 25 août 1804.

Le maximum de ces retraites ne pourra excéder les deux tiers du traitement moyen des trois dernières années d'activité.

Des Conducteurs.

Art. 14. Les conducteurs des ponts et chaussées sont divisés en trois classes, deux classes d'embrigadés et une classe d'auxiliaires.

Le cadre des conducteurs embrigadés sera réglé ultérieurement.

Celui des auxiliaires demeure mobile et proportionné aux besoins éventuels du service.

Le traitement des conducteurs auxiliaires est passible de la retenue au profit de la caisse des retraites, et ces agents peuvent obtenir une pension conformément aux règles admises pour les conducteurs embrigadés.

Dans le cas, toutefois, où la retenue aura été subie pendant moins de vingt ans, la totalité des services sera comptée pour établir le droit à la pension; mais le temps pendant lequel aura été exercée la retenue entrera seul dans le calcul de la liquidation.

TITRE III.

Dispositions transitoires.

Art. 15. L'administration est autorisée à appeler immédiatement devant une commission d'examen les vingt conducteurs les plus anciens dans les fonctions d'ingénieur d'arrondissement, et à les faire concourir entre eux.

Ils seront classés par ordre de mérite, d'après les résultats de ce concours; les cinq premiers recevront un brevet d'ingénieur, et les quinze autres une commission de sous-ingénieur.

Cette dérogation aux règles posées dans les titres I et II du présent décret ne pourra jamais être invoquée comme précédent.

Les autres conducteurs chargés présentement du service d'un

arrondissement ne pourront recevoir d'avancement que d'après les règles précitées.

Art. 16. La nouvelle classification des conducteurs embrigadés et auxiliaires étant subordonnée aux ressources qui pourront être affectées à ce personnel, l'organisation actuelle des conducteurs sera maintenue jusqu'au moment où le nouveau cadre pourra être doté d'un crédit correspondant à ses charges.

Disposition finale.

Sont abrogées toutes les dispositions des décrets et ordonnances antérieurs en ce qu'elles auraient de contraire au présent décret.

Le président du Conseil des Ministres,
chef du pouvoir exécutif,

E. CAVAIGNAC.

Le ministre des travaux publics,

RECURT.

MÉMOIRE N° I.

Notice sur le Pont tubulaire de Conway,

TRADUITE DE L'ANGLAIS PAR M. YVART.

Londres, Société des Ingénieurs civils.

La baie d'Holyhead, dans l'île d'Anglesey, est le point du territoire de la Grande-Bretagne le plus rapproché de l'Irlande. La distance d'Holyhead à Kingston, port de Dublin, est de 64 milles; elle est de 138 milles entre Liverpool et Kingston.

Dans cette mer brumeuse et difficile du canal Saint-Georges, la briéveté du parcours est un avantage considérable.

Le port d'Holyhead avait donc toujours été en possession du transport des dépêches, et c'était le passage le plus fréquenté par les voyageurs avant l'établissement du chemin de fer.

La route de Londres à Holyhead était considérée comme une route politique. Établie sur les fonds de l'État, elle avait reçu le nom de route parlementaire. Telford, à qui le gouvernement en avait confié la construction, en fit un monument remarquable. C'est à l'occasion du profil de cette route qui traversait l'Angleterre dans sa plus grande largeur, que furent établies les belles coupes géologiques qui ont enrichi de bonne heure une science jeune encore, mais dont l'avenir et l'importance étaient pressentis par les ingénieurs.

La route de Londres à Holyhead, semée de travaux d'art les plus modestes et les plus grandioses, présentait bien l'empreinte du génie sévère et cependant si fécond de Telford, sachant allier la simplicité des formes à la somptuosité du dessin, n'oubliant jamais la signification de l'œuvre, et sachant la mettre, jusque dans ses plus petits détails, à l'épreuve du temps.

Ces dessins, qui font partie de la collection des œuvres de Telford, ouvrage posthume élevé à sa mémoire par la Société des ingénieurs civils anglais, forment à eux seuls un cours de science architecturale qui est appelé à prendre sa place dans l'enseignement.

Le travail d'art le plus gigantesque fut le pont suspendu de Menay, jeté sur le bras de mer qui sépare l'île d'Anglesey de l'Angleterre. Cette œuvre de premier ordre valut à Telford une renommée dont Stephenson s'est inspiré sans doute, dans le beau projet qu'il a conçu pour faire franchir, par un chemin de fer sur un pont rigide, ce même détroit, sans gêner le passage des navires qui le fréquentent.

C'est pour préluder à cette œuvre hardie que Stephenson a construit le pont de Conway.

Les chemins de fer qui remplaceront la route politique de Londres à Holyhead seront le North-Western jusqu'à Crewe, le chemin de Crewe à Chester et celui de Chester à Holyhead, passant par Bangor et traversant la crique de Conway et le bras de Menay.

On peut pressentir une grande partie des motifs qui ont engagé Stephenson à adopter ce système de pont sur le détroit de Menay, où il avait à franchir un espace de 300 mètres à une hauteur de 52 mètres, où la hauteur le forçait de limiter le plus possible le nombre des points d'appui dont l'érection eût été si dispendieuse. Mais il convient d'attendre qu'il les fasse connaître lui-même, ainsi qu'on lui en a prêté l'intention, après le succès de son œuvre.

Nous nous bornons donc aujourd'hui à reproduire une description succincte du pont de Conway, telle qu'elle a été présentée à la Société des ingénieurs civils de Londres.

La construction, une fois terminée, consistera en deux ponts tubulaires formés de plaques de tôle, un tube pour chaque voie. Nous nous bornerons, quant à présent, à donner la description d'un de ces tubes qui fut mis en place au mois de mars dernier.

Le tube consiste (*pl. I* et *II*) : 1° en une enveloppe ou étui

extérieur *a*, *a*, en plaques de tôle, ayant de 1m,20 à 2m,40 de long sur 0m, 60 de large, 0m,0125 d'épaisseur au milieu du tube, et 0m,0156 à l'extrémité, rivées ensemble, renforcées par des nervures formées de cornières disposées de chaque côté des joints de manière à former un T ; des cornières placées aux extrémités des nervures les empêchent de fouetter.

2° En un plafond composé de 8 tubes cellulaires *b*, larges chacun de 0m,506 et hauts de 0m,525.

3° En un plancher composé de 6 tubes cellulaires *c*, larges chacun de 0m,6875 et hauts de 0m,525.

La longueur totale du tube est de 123m,60 ; sa hauteur, de 6m,6775 aux extrémités, et de 7m,650 au milieu, y compris les tubes cellulaires du plancher et ceux du plafond qui règnent dans toute la longueur du tube ; sa largeur est de 4m,20 de dehors en dehors des plaques formant les côtés.

Les cellules supérieures sont formées de plaques de tôle épaisse de 0m,019 au milieu, et de 0m,0125 aux extrémités, retenues en place au moyen de cornières placées dans chaque angle des cellules ; sur les joints, en dessus, est rivée une bande de fer épaisse de 0m,0125 et large de 0m,2125.

Les divisions des cellules inférieures sont faites de plaques de tôle épaisse de 0m,019 ; le dessus et le dessous sont formés de deux épaisseurs de plaques ayant chacune 3m,60 de long, 0m,70 de large, 0m,0125 d'épaisseur au milieu du tube et 0m,00625 aux extrémités, et disposées de manière que leurs joints soient croisés. Une bande de 0m,0125 d'épaisseur et de 0m,90 de long recouvre chaque joint au-dessous du tube.

Les deux côtés sont réunis au plancher et au plafond tubulaires au moyen de cornières.

Les extrémités du tube, dans la partie qui repose sur la maçonnerie, sont renforcées 1° par des pièces en fonte *d*, sur une longueur de 2m,40 dans les cellules du plancher ; 2° par 6 poutres transversales *e* en fonte, en forme de double T (I) sur les cellules ; 3° par 6 poutres semblables *f* au plafond ; par des montants verticaux *g* en fonte, de chaque côté du tube, aux-

quels sont boulonnées les extrémités des poutres du bas et du haut, ainsi que des poutres transversales *h*, placées seulement pour le levage.

Pour permettre la libre dilatation du tube, les extrémités reposent sur 24 paires de rouleaux en fer *i*, réunis ensemble par des pièces en fer forgé et placés entre les deux plaques de fonte *j* et *k* de 3m,60 de longueur, sur 1m,80 de large et 0m,061 d'épaisseur. La plaque inférieure repose sur une semelle en madriers *l* de 0m,075, fixée à la maçonnerie.

Le tube est aussi suspendu à 6 poutres en fonte *m*, dont les extrémités reposent sur des supports longitudinaux *n* de 3m,60 de longueur, avec une gorge circulaire sous la partie inférieure. Les pièces reposent sur 12 boulets *o* de 0m,15 de diamètre, placés sur une semelle creuse en fer *p*, et dont les extrémités posent sur les appuis en fonte *q*.

Le tube est suspendu à la poutre *m* au moyen de boulons en fer forgé *r*, terminés par une partie méplate rivée sur les côtés du tube.

On a construit cette poutre sur des pilots battus sur la rive, et quand elle a été complétement achevée, on a fait passer dessous, à marée basse, six pontons pareils à ceux employés sur la Tamise, pour le transport des charbons. A marée haute, le tube a été enlevé au-dessus des pilots sur lesquels il avait été construit. On l'a fait alors flotter jusqu'à l'emplacement qu'il devait occuper entre ses deux appuis, qu'on avait laissés inachevés, quant à la partie des maçonneries qui devait supporter la poutre.

Sur les deux rives, les pistons de deux presses hydrauliques, dans lesquelles l'eau était refoulée au moyen de deux machines à vapeur, soutenaient deux traverses en fonte auxquelles étaient suspendues quatre chaînes, construites dans le système dit à la Vaucanson, qui portaient les deux extrémités du tube. L'eau, en faisant monter le piston de la presse hydraulique, élevait le tube, et l'on construisait la maçonnerie au-dessous, au fur et à mesure de son élévation.

Le poids à élever était à peu près de 1,300 tonnes. L'opéra-

tion du levage a duré quatre jours, et la hauteur parcourue par le tube a été à peu près de 7 mètres.

Voici quelques détails intéressants sur l'opération de la mise en place :

Le 6 mars dernier, à onze heures du matin, en présence d'un immense concours de curieux, le pont tubulaire était à flot, et avait quitté les pilots et les étais sur lesquels on l'avait construit. On l'amena doucement dans le courant quand le flot roulait à raison de 3 kilom. à l'heure. Il flotta avec facilité et fut bien soutenu par les six pontons, trois à chaque extrémité ; il les fit plonger jusqu'à 1 mètre au-dessous du pont.

Le capitaine Claxton, de la marine royale, fut seul chargé de diriger les manœuvres pour conduire le tube à sa place. Ses précautions furent si bien prises, qu'une fois le tube à flot, il put attendre qu'on eût résolu la question de savoir si on l'abandonnerait au courant, ou si on le dirigerait doucement à sa place. Ce dernier avis prévalut, par suite de la force du courant, de la hauteur de la marée et de la violence du vent.

A onze heures, la marée commençant à descendre, on raidit toutes les chaînes et tous les câbles, et l'on commença l'opération. MM. Stephenson, Edwin Clarke et Brunel accompagnaient M. Claxton.

Pour transmettre les ordres, M. Claxton se servait de deux grands chiffres 1 et 2, peints en rouge et en blanc. Au n° 1 correspondait un cabestan amarré sur le chemin de Conway au chantier ; et au n° 2, un autre énorme cabestan (envoyé par l'amirauté) fixé sur le chemin de fer, du côté de Chester. Quand il voyait le côté rouge de son numéro, le cabestan correspondant se mettait à tendre son cordage ; quand il voyait le côté blanc, au contraire, il cessait toute manœuvre.

Dans les pontons, il y avait d'énormes échafaudages en bois, de $28^{m},50$ de long sur $7^{m},50$ de large et $2^{m},40$ de haut, réunis ensemble par de fortes hélingues et reliés par des chaînes qui avaient été préalablement tendues au moyen d'un grand moufle

sur lequel s'attelaient 12 ou 15 hommes en tirant de tous leurs efforts.

On dirigea d'abord l'extrémité du côté de Conway, qui n'arriva pas tout à fait à sa place, puis on dirigea l'autre extrémité à l'aide du reflux; mais, à $3^m,60$ à peu près de son point d'arrivée, le tube accrocha la maçonnerie, et malgré l'emploi de puissants vérins et de quatre palans portés en aide au cabestan du côté de Chester et manœuvrés par 60 hommes, il fut impossible de le dégager. La marée descendait. On se décida à le fixer tel qu'il était sur la maçonnerie préparée exprès pour le recevoir. Mais il s'en manquait de $0^m,225$ qu'une de ses extrémités ne fût à sa place véritable; de l'autre côté il aurait pu entrer; mais en réalité on n'avait qu'un jeu de $0^m,225$ sur 120 mètres de longueur, ce qui créait une difficulté énorme. Quand la marée fut basse, on vit que cela tenait à ce que l'un des pontons avait touché sur une roche et avait fait dévier le tube de la direction qu'on voulait lui imprimer. On constata que cette déviation avait été de $1^m,20$.

Le 11 suivant, le tube fut de nouveau mis à flot au moyen de pontons, et, en définitive, amené exactement à la hauteur de $4^m,50$ à $4^m,80$. C'est de là qu'il fut ensuite élevé au niveau définitif qu'il devait occuper.

MÉMOIRE N° II.

Londres, Société des Ingénieurs civils.

Système de poutres creuses pour la construction des ponts.

Traduit de l'anglais par M. YVERT.

Par suite des expériences faites sur la demande de M. Robert Stephenson, par M. Eaton Hodgkinson et M. Fairbairn, de Manchester, à Milwall, pour reconnaître la meilleure forme à donner à un pont creux destiné à faire passer le chemin de fer de Chester et d'Holyhead au-dessus des Menai Staits, M. Fairbairn a pris particulièrement soin de répandre les idées de M. Stephenson sur la construction des poutres creuses en tôle pour chemin de fer, et comme elles prendront probablement une grande extension dans leur application, nous avons réuni quelques renseignements, tant sur le prix que sur le poids de ces ponts comparés avec ceux faits de poutres en fer plein. Il résulte qu'une poutre creuse de 60 pieds (18 mètres) de portée et au-dessus est, sous beaucoup de rapports, préférable à l'arc, qu'il soit en fer, en pierre ou en brique ; elle est d'ailleurs beaucoup moins cher à établir.

L'arc, comme c'est admis, n'est pas toujours possible, quand les chemins de fer traversent des passages publics, des ravins profonds, des rivières navigables et des canaux. Dans ces circonstances, un pont composé de poutres horizontales en tôle paraît être la seule construction qu'on puisse employer avec sûreté. Les poutres de fonte ne peuvent être employées pour une portée de plus de 40 pieds (12 mètres); au-delà de cette portée on a employé des poutres armées, et dans tous les cas elles sont, si ce n'est plus, au moins aussi coûteuses que celles en tôle, et elles offrent beaucoup moins de sécurité.

Le poids des poutres en tôle est un tiers moins grand que celui des poutres en fonte, la force restant la même ; et comme ces poutres forment le parapet du pont, on les emploie avec avantage, surtout pour les ponts à grande portée.

Pour qu'on sache ce que coûterait un pont de cette espèce, nous donnons les prix comparés d'un de ces ponts et d'un pont en fonte, qui sont déjà construits :

Pont en poutre armée.

Poids et prix de ce pont de 60 pieds (18 mètres) de portée, composé de poutres en fonte armées.

Pièces en fonte, 76 tonnes à 12 l. st. (300 fr.)..	912 l. st.	» s. (22,800 fr.)
Pièces en fer travaillé, comprenant les câbles, les ferrures, 14 tonnes à 37 l. st. 4 s. (930 fr.)....	520 l. st.	16 s. (13,020 fr.)
Total pour les pièces comprenant seulement les poutres et le tablier.....	1,432 l. st.	16 s. (35,820 fr.)

Nous croyons qu'on peut faire une poutre composée de la même portée, entièrement en fonte boulonnée par parties; mais le poids qui en résulterait et l'augmentation de dépense rendraient une pareille construction inadmissible dans ce cas.

Prix d'un pont en tôle de Stephenson et de Fairbairn.

Trois poutres en tôle, de 66 pieds (19m,80) de longueur, rivées dans toutes leurs parties, pesant 80 tonnes, à 80 l. st. (750 fr.) par tonne, coûtent 900 l. st. (22,500 fr.).

C'est le prix des pièces, en prenant seulement, comme précédemment, les poutres et le tablier.

La valeur proportionnelle des deux ponts est donc de 9 à 14, sans tenir compte de la supériorité et de la solidité du dernier sur celui en fonte, quelle que soit la forme pratique qu'on lui donne.

Ce système a déjà été adopté par MM. Stephenson, Cubitt, Vignoles, Bidder et autres ; et M. Fairbairn, à une époque où les expériences qu'il faisait à ce sujet étaient assez avancées, s'engagea, sur la demande de M. Vignoles, à construire deux ponts de cette espèce : l'un sur le canal, et l'autre sur la route payante sur le chemin de fer de Blackburne et Bolton. Ces ponts furent les premiers construits pour recevoir un chemin de fer (1); et quoiqu'ils ne soient pas probablement aussi bien

(1) Pendant que ces deux ponts se construisaient, M. Dockroy élevait, sous la direction de M. Stephenson, un pont semblable, avec un couronnement en

étudiés que les autres qui sont actuellement en usage, ils dénotent cependant une puissance de résistance si extraordinaire que non seulement un succès complet leur est assuré, mais, en outre, on est conduit à chercher des perfectionnements pour le présent et pour l'avenir dans ce qu'on peut probablement considérer comme une ère nouvelle dans l'histoire des ponts.

En envisageant ce sujet au point de vue général, nous sommes persuadés, d'après ce qui a déjà été fait à la fois par M. Stephenson et par M. Fairbairn, que cette nouvelle découverte n'est que le commencement d'une application, qui se répandra de plus en plus, de cette science si utile.

Depuis les premières expériences sur les tubes en tôle, on en fit d'autres d'un caractère plus concluant et sur une plus grande échelle. Elles révèlent plusieurs faits nouveaux et importants; et en augmentant beaucoup la grandeur du tube modèle, avec ses vides rectangulaires, on a obtenu des puissances de résistance bien supérieures par suite de l'accroissement considérable de la surface du corps de la poutre. Le rapport de cette partie à la tête cellulaire peut maintenant être pris comme de 10 à 12, au lieu de 3 à 5, comme il était indiqué en dernier lieu, dans les expériences avec la tôle.

Nous avons vu les dessins et une description d'un de ces ponts, celui construit sur le canal pour le chemin de fer de Blackburn à Bolton.

« La fig. n° 1 (*pl. III*) représente une élévation latérale des poutres, de 66 pieds (19m, 80) de longueur chacun, et de 60 pieds (18 mètres) de portée. La fig. 2 est une coupe transversale du pont; la fig. 3, une vue latérale et une coupe des pièces de pont; et la fig. 4, la coupe d'une des poutres de rive contenant sa pièce de pont suspendue et le tablier.

» L'épaisseur des plaques employées dans la construction de ces poutres était de 1 pouce et demi (0m, 0375) pour les côtés et la tête, et de 3/8 de pouce (0m, 009) pour la partie inférieure, le

fonte, pour faire passer la route payante qui croise le chemin de fer de Londres et du North-Western à Camden-Town.

tout fortement rivé avec des cornières, comme on le voit dans les coupes.

» En examinant les coupes, on verra que les pièces de pont en bois *DD* qui supportent le tablier et les rails, sont fixées à la base des poutres creuses par des étriers *aa*, et un boulon vertical *b*, qui traverse la tête cellulaire dans un tube *c*, et sert comme tirant à relier le dessus de la tête cellulaire avec le dessous. Depuis que ces ponts sont terminés, on a adopté un mode de construction meilleur et plus efficace, qui consiste à mettre le long de la base de chaque poutre, une bande longitudinale en tôle, pour recevoir les pièces de pont, et aussi pour renforcer la base contre la tendance à s'allonger. Dans cette construction, on voit que les pièces de pont peuvent être en fonte, en fer ou en bois, selon qu'on le jugera le plus convenable. »

Ce pont de Blackburn et Bolton a déjà été soumis à de fortes épreuves. Avant que la ligne fût ouverte au public, trois locomotives attelées, pesant chacune 20 tonnes, et couvrant l'espace de 60 pieds (18 mètres), furent lancées ensemble, avec des vitesses variant de 5 à 25 milles (de 3 à 40 kilom.) par heure.

La flèche produite par un poids de 60 tonnes a été de 0,025 de pied (0^{m}, 0075). Les vitesses différentes ne semblent pas produire quelque effet sensible sur cette dépression. Le capitaine Coddington, inspecteur du gouvernement, et M. Flannigan, ingénieur, placèrent alors sur les rails, au milieu du pont, deux coins d'un pouce (0^{m},025) de haut, faisant fonction de plans inclinés. Les machines, tombant de cette hauteur, quand leur vitesse était de 8 à 10 milles (12 à 16 kilom.) par heure, produisaient une flèche totale de 0,035 de pied (0^{m},0105). Avec des coins d'un pouce 1/2 (0^{m},0357) de haut, la flèche totale fut de 0,045 (0^{m},0135), c'est-à-dire à peu près d'un 1/2 pouce (0^{m},0125). Ainsi, il a été bien prouvé que ces ponts sont assez forts pour résister à tous les efforts auxquels ils peuvent être soumis, qu'ils soient produits par un poids mort ou par un choc.

MÉMOIRE N° III.

Londres. — Société des Ingénieurs civils.

Système pneumatique pour enfoncer les pilots,

Traduit de l'anglais par M. YVERT.

Les procédés d'enfoncement des pilots ont une grande importance pour les ingénieurs, et la recherche des moyens de le faciliter a occupé bon nombre d'entre eux. Le pilotage, dans les conditions ordinaires, est une opération barbare, parce que la force est dirigée de manière à agir sur la substance du pilot plutôt que sur le sol dans lequel il doit être enfoncé, et parce que la profondeur à laquelle on peut l'enfoncer est limitée par la longueur du bois avec lequel les pilots sont faits. La puissance effective agissant sur le pilot a été augmentée au moyen des américaines et d'autres machines à vapeur employées pour le pilotage, mais sans diminuer sensiblement la dépense. Depuis deux ans, on a imaginé un procédé nouveau, dit du docteur Potts, qui a été déjà employé par M. Robert Stephenson et d'autres ingénieurs.

Quoique le système du docteur Potts soit très-simple, il est si différent par ses résultats de ceux qu'on a employés, qu'il est nécessaire d'en faire une description complète pour en donner une idée précise. Nous avons déjà dit que dans les pilots ordinaires en bois plein, la puissance est appliquée sur la tête du pilot, et non pas directement à sa base ou sur le sol dans lequel on doit l'enfoncer, au lieu que le pilot du docteur Potts est creux, et la puissance est appliquée directement sur le sol qui doit recevoir le pilot. On arrive à ce résultat en employant des pilots creux; on y fait le vide, et on peut ainsi enlever le sol du dessous du pilot; c'est ainsi qu'on parvient à l'enfoncer.

Le pilot ne s'enfonce pas, comme on pourrait le penser, par le seul fait de la pression atmosphérique sur la tête; mais les galets, le gravier, la terre, sont remués dans le pilot à mesure que l'air est extrait; le sol est donc constamment excavé à la

base du pilot, qui s'enfonce en même temps que l'excavation du sol est produite. Il faut bien remarquer que la différence essentielle entre l'ancien procédé et le nouveau consiste en ce que la puissance est appliquée directement au point sur lequel elle doit agir.

Le croquis (*fig. 5, pl. III*) représente une pile de pont bâtie sur des pilots pneumatiques enfoncés par M. Robert Stephenson pour le pont de Menay, sur le chemin de fer de Chester à Holyhead, dans le courant de cet été; c'est un des ouvrages les plus intéressants parmi les travaux d'art de cette ligne, dont la réalisation ajoutera à l'illustration de cet ingénieur. Le viaduc est biais, et traverse le bras de mer dans l'île d'Anglesey; il consiste en deux culées construites à la manière ordinaire, et cette pile centrale est plantée sur un banc de sable. Elle a 36 pieds (10^{m},80) de long, et 3 pieds (0^{m},90) de large; elle repose sur 19 tubes en fonte, longs chacun de 16 pieds (4^{m},80) et de 1 pied (0^{m},30) de diamètre. Les tubes furent enfoncés au moyen d'une petite pompe à air à double cylindre manœuvrée par quatre hommes; chacun des cylindres avait 4 pouces 1/2 (0^{m},1125) de diamètre, et 16 pouces (0^{m},40) de hauteur de course; on plaça les pompes sur la culée, et un tuyau de plomb de 1/2 pouce (0^{m},0125) communiquait des pompes dans l'eau, à la place où l'on devait enfoncer le pilot.

Chaque tube était placé perpendiculairement sur l'endroit où il devait être enfoncé; on couvrait ensuite la tête avec une plaque en fer carrée, traversée par le tube en plomb de 1/2 pouce (0^{m},0125) dont il a été parlé plus haut. Chaque coup de piston de la pompe retirait de l'air de l'intérieur du tube, et à mesure que la raréfaction de l'air allait en augmentant, le pilot ou tube s'enfonçait de plus en plus, et le sol, déplacé à la base, passait dans la partie inférieure du tube; l'opération continuait ainsi jusqu'à ce que le pilot eût atteint la profondeur voulue.

Quand les 19 pilots eurent été enfoncés au même niveau, comme on le voit dans le dessin ci-joint, une plaque de fonte

pesant 9 tonnes fut placée sur les pilots à un niveau supérieur à celui de la surface de l'eau, et servit de fondation sur laquelle la construction fut élevée.

Les pompes furent amenées par voitures, furent ajustées, fonctionnèrent et furent démontées en très peu de jours, de sorte qu'en pratique rien de gênant ne vint entraver l'emploi de cet appareil, et certes une pompe à air peut être transportée dans bien des endroits où une sonnette ne peut fonctionner.

Les pilots ont été enfoncés à raison d'une 1/2 minute par pied (0m,30) pour les 6 premiers pieds (1m,80), et à raison de 3 minutes pour les autres pieds.

Les arches ont 20 pieds (6m,00) de longueur carrément, et 26 pieds (7m,80) suivant le biais; les piles ont 3 pieds (0m,90) de large carrément, et 3 pieds 10 pouces (1m,15) suivant le biais.

En juillet 1847, un pilot en fonte de 2 pieds 6 pouces (0m,755) de diamètre fut enfoncé dans les bas fonds de Goodwin par les ingénieurs de la Société de la Trinité.

La marée et l'état de l'atmosphère arrêtèrent dans ses progrès le travail, qui fut forcément divisé en deux périodes distinctes qui donnèrent les résultats suivants :

Le 19 juill., en 3 h. le pilot fut enfoncé de	22	pi.	0	p. (6m,60).
21. . . . 1	10		0	(3m,00).
26. . . . 1 1/2	1		7	(0m,475).

La fiche totale du pilot, à partir de la surface du sable, fut donc de 33 pieds 7 pouces (10m,075). C'est une des nombreuses expériences faites par l'administration de la Trinité.

A l'automne de cette année, l'administration de la Trinité a construit un phare au moyen du système de pilotage pneumatique, sur la pointe sud des bas-fonds de Goodwin. C'est un point très-dangereux. La colonne centrale est un tube de fonte de 2 pieds 6 pouces (0m,75) de diamètre mis dans 10 et 20 pieds (3m,00 et 6m,00) de hauteur d'eau et enfoncé de 32 pieds (9m,60) de profondeur dans le sable. Autour d'elle, sont 4 autres tubes

en fonte, ayant chacun 15 pouces (0m,375) de diamètre. Tous ces pieux sont liés ensemble, et supportent une lanterne qui a 56 pieds (16m,80) au-dessus du niveau du sable. La grande tempête d'octobre a renversé cette lanterne ; mais cet accident ne tient nullement au système employé pour le pilotage, qui a satisfait à toutes les conditions ; les pilots étaient enfoncés de 32 pieds (9m,60) tandis que le sol, composé de sables mouvants aquifères, avait résisté à tout autre système.

On remarquera que le phare de Goodwin était uniquement en fonte.

Le système du docteur Potts permet l'emploi des tubes en fonte de tout diamètre et de toute hauteur, tandis que l'emploi des pilots en bois est limité par leurs dimensions, et les pilots en bois d'une forte dimension sont très-chers. Le diamètre de 2 pieds 6 pouces (0m,75) employé dans le phare de Goodwin, est un diamètre sans exemple pour un pilot ; mais dans ce système on n'est même pas renfermé dans ces limites. Les tubes peuvent être en bois ou en métal, et on peut les former de douves cerclées.

On a remarqué qu'un tube cylindrique placé verticalement sur un fond de sables aquifères, ne peut s'enfoncer que sous une forte pression, et même n'est-ce que d'une faible profondeur ; tandis qu'en enlevant l'air de l'intérieur du tube et aspirant le sol de la base, le tube s'enfonce très-rapidement.

Comme le sable, les galets, la terre, la vase et l'argile montent dans l'intérieur du tube, et que même des fragments de pierres y sont entraînés, il en résulte que ce système peut s'appliquer à toute espèce de terre meuble.

On comprendra l'importance de cette invention pour les constructions des quais de rivière ou de mer, les jetées et les brise-lames ; les applications de ce procédé peuvent être très-nombreuses. M. Alexandre Gordon l'a proposé pour la fondation de nouveaux phares dans les colonies.

MÉMOIRE N° IV.

Notice sur la chute du pont du chemin de fer de Paris à Saint-Germain, à Asnières, incendié le 25 février 1848, et sur le pont provisoire en charpente établi par M. Eugène Flachat, ingénieur en chef;

PAR M. E. DELIGNY,
Ingénieur de la voie des chemins de Saint-Germain et Versailles.

Le pont détruit le 25 février 1848 (*fig. 6, planche III*) était composé de cinq arches, avec piles en maçonnerie et travées en charpente. Le pont donnait passage à trois voies; les travées, de 30 mètres de portée, étaient formées de six fermes en chêne en arc de cercle, d'une section de $1^m,20$ de hauteur, sur $0^m,32$ d'épaisseur, de longerons et pièces de pont; les tympans, composés de croix de Saint-André, supportaient les longerons sur les cintres. Les longerons étaient reliés aux cintres par de grands boulons et des moises normales aux cintres; ces derniers étaient reliés entre eux par une grande quantité de moises horizontales et par des contrevents. Cet ensemble, d'une grande rigidité lors de la construction, s'étant relâché par suite de l'altération des bois, il a fallu entreprendre les travaux nécessaires pour rendre au pont sa rigidité. En conséquence, on avait ajouté dans trois arches, aux moises horizontales, des boulons passant dans des entretoises en fonte et serrant tous les cintres ensemble, au moyen de fortes rondelles en fonte. Indépendamment de ce travail, on avait, après avoir remplacé les pièces de bois altérées, serré fortement les cintres avec de nombreuses brides.

Lors de la construction du pont, les voies avaient été fixées sur les pièces de pont; mais celles-ci, exposées trop directement à l'action du poids des machines, en ayant éprouvé une altération rapide, et tendant à se déverser, on enleva les rails et les coussinets; on couvrit le pont d'une couche de ballast de $0^m,50$, et l'on posa la voie sur ce ballast avec des traverses à la manière ordinaire. On atteignit le résultat que l'on s'était pro-

posé ; l'action du passage des machines fut adoucie et répartie sur une plus grande surface. Mais l'énorme poids du sable dont le pont fut surchargé, poids presque équivalent à celui de la charpente et des voies, changea les conditions d'équilibre du système. En outre, la présence d'une couche épaisse de sable sur le tablier entretint une humidité continuelle qui contribua surtout à l'altération rapide des bois. On avait reconnu ces graves inconvénients et opéré le déchargement d'une partie du sable ; de plus, on devait, aux premiers jours de beau temps, enlever tout le ballast et remplacer la voie sur traverses par une voie sur longrines. Cette voie était en grande partie préparée dans les ateliers de la Compagnie.

Examinons quelles étaient les conditions d'équilibre du pont au moment où l'incendie de la première travée détermina la chute de toutes les autres et celle des quatre piles.

Si nous supposons (*fig. 9, planche* III) la première travée enlevée, la pile n° 1 ne pouvait se maintenir que dans le cas où son moment de stabilité eût été plus fort que le moment de la poussée de la travée suivante ; c'est ce qui n'eut pas lieu. En effet, on a :

Q, poids d'une demi-travée = 206,904 kilog.
L, sa demi-longueur = 15m 00
H, la hauteur de la flèche = 4. 80

d'où N, poussée de la travée, $= \frac{Q\,L}{2\,H} = \frac{206{,}904 \times 15}{9{,}60} = 328{,}280$ kil.

Le centre de gravité d'une demi-travée est très-sensiblement sur la ligne tangente à l'intrados de l'arc et au milieu de la demi-travée.

Cette force N, qui tend à renverser la pile, agit sur un bras de levier égal à H = 5m,40, hauteur du point d'application de la poussée au-dessus de la ligne de rupture de la pile. On a tiré *M*, moment de renversement = N H = 328,280 × 5m, 40 = 1,745,712 kilog.

On a *P* le poids d'une pile = 913,000 kilog. et *l* sa demi-longueur à la base = 1m,70. D'où M', moment de stabilité = *P l* = 913,000 kilog. × 1. 70 = 1,552,100 kilog.

D'où l'excédant du moment de renversement ou $M - M' =$ 193,612 kilog.

Les piles ne formaient pas culées ; cet état de choses nous avait été, d'ailleurs, prouvé par ce fait souvent constaté que, lors du passage d'un convoi, les vibrations d'une travée se transmettaient, en partie, aux autres travées, ce qui n'eût pas eu lieu si les piles eussent par elles-mêmes tenu les arches en équilibre.

Si nous appliquons le même calcul au pont déchargé de sable, nous remplacerons dans la formule $\frac{L\,Q}{2\,H} = N$, Q par Q', poids d'une travée sans sable, = 107,171 kilog., d'où N' = poussée dans ce cas = $\frac{107{,}171 \times 15}{9{,}60} = 167{,}455$, d'où M' nouveau moment de renversement = N' H = 904,262 kilog.

Et $M' - M = 647{,}838$ kilog. excédant de stabilité.

Ainsi, si le sable eût été enlevé, les piles eussent fait culées, et la chute d'une travée n'eût probablement pas entraîné celle des autres et celle des piles.

La chute a eu lieu de la manière suivante (*fig. 7, planche* III). La première arche étant brûlée, la première pile, tournant sur sa base et poussée sur l'arche suivante, est tombée sur la charpente de la première travée ; la partie haute de la pile a été immédiatement mise en morceaux ; mais la partie inférieure aux naissances est tombée et est restée presque en un seul bloc; la deuxième arche a suivi la chute de la première pile et s'est rompue au sommet des cintres, la première partie se reposant sur la pile 1, l'autre tombant sur les enrochements de la pile 2. Cette pile 2 a suivi le mouvement et s'est renversée sur la charpente tombée de la deuxième travée. La troisième travée est tombée comme la deuxième en se divisant en deux morceaux ; mais la pile troisième n'étant pas immédiatement tombée, le second morceau de charpente a été entraîné par le courant. La pile 3 a été renversée sur ses enrochements, entraînant la qua-

trième travée, dont les débris sont restés sur place. La pile 4 n'est tombée que plusieurs heures après, recouvrant les débris de la quatrième travée. La cinquième travée, enfin, est tombée partie sur le chemin de halage et partie sur la pile renversée.

Au moment de la chute du pont, les eaux de la rivière étaient très-hautes et le vent très-fort; pendant plusieurs jours il fut impossible de procéder au sauvetage. Le temps s'étant calmé, on commença l'enlèvement des débris en faisant sur les demi-travées des efforts considérables dans le sens du courant, au moyen de cabestans fixés sur la rive et sur des bateaux appuyés sur des ancres. On parvint à entraîner ainsi quatre demi-travées, qui n'avaient pas été recouvertes par la maçonnerie écroulée.

On se trouvait dans les conditions les plus difficiles pour le rétablissement du passage. La position du pont d'Asnières, en avant de la station, de plusieurs travaux d'art, et surtout de l'embranchement de Versailles, la proximité du pont de la route, la hauteur des remblais aboutissant de chaque côté au pont, la présence de plusieurs constructions contre le pied même des remblais, rendaient impraticable l'exécution du pont de service en dehors de l'axe de l'ancien pont, soit en aval, soit en amont.

D'un autre côté, l'encombrement de la rivière était tel qu'on ne pouvait avoir aucune donnée certaine sur la position des points d'appui; les sondages imparfaits que la hauteur et la rapidité des eaux avaient permis de faire, avaient montré que les palées du pont de service ne pouvaient être placées à des écartements réguliers, et que les portées varieraient, d'une travée à l'autre, de 12 à 20 mètres. L'importance des services à rétablir imposait l'obligation de se mettre immédiatement à l'œuvre; on ne pouvait attendre pour commencer les travaux que la rivière fût déblayée.

En résumé, le pont de service devait remplir les conditions suivantes :

1° Etre commencé immédiatement sur le chantier;

2° Etre élevé dans l'axe même de l'ancien pont ;

3° Pouvoir s'appuyer sur des palées écartées d'une manière variable entre 12 mètres, 20 mètres, et même 30 mètres ;

4° Servir à la construction d'un pont définitif en fer ou en fonte, de telle manière que la substitution de l'un à l'autre pût se faire sans interruption de service ;

5° Présenter sous les travées une hauteur de 8m,50 au moins au-dessus de l'étiage ;

6° Présenter une rigidité suffisante pour supporter en même temps le pont définitif en construction et le poids des convois marchant à grande vitesse.

Des considérations qu'il n'est pas besoin de développer ici avaient fait adopter, pour le pont définitif à quatre voies, un système de poutres rectangulaires en tôle de 2m,50 de hauteur à la section ; la charpente provisoire devait être combinée en conséquence, et d'ailleurs supporter trois voies.

Les différentes conditions à remplir ont conduit à adopter un système de charpente se rapprochant de ceux employés en Amérique. On sait que ces systèmes peuvent se réduire à deux principaux : les ponts à treillage en madriers de Town, et les ponts en contre-fiches successives du colonel Long. Les premiers empruntent leur rigidité à une très-grande quantité d'assemblages, et sont, par conséquent, d'une déformation assez facile. Ils peuvent, du reste, par leur continuité uniforme, reposer sur des points d'appui inégalement espacés. Les seconds présentent un emploi plus judicieux des bois ; mais ils demandent une division de points d'appui uniformes, ou, au moins, connus à l'avance ; les longerons inférieurs et supérieurs sur lesquels les poussées et les tractions sont reportées sont moisés et présentent un grand nombre d'assemblages susceptibles de jeu.

Le système adopté à Asnières participe des ponts à treillage en ce qu'il permet, au moyen de croix de Saint-André, de placer indistinctement les points d'appui, et par le mode de travail des bois il tient beaucoup des ponts du colonel Long.

Il diffère de ces derniers en ce que les longerons inférieurs et supérieurs sur lesquels se reportent les composantes horizontales des charges, sont composées de poutres pleines, reliées et serrées entre elles par des étriers, et présentant aux efforts de poussée et de traction une très-grande résistance, et en ce que les composantes verticales sont transmises par boulons, étriers en fer et entretoises en bois, au lieu de l'être uniquement par des assemblages de moises. L'emploi des étriers en fer, qui constitue le caractère particulier de ce système, a permis de réduire considérablement les assemblages et d'augmenter ainsi la durée de la rigidité du pont.

Voici la description détaillée de la charpente :

(*Planche IV, figure 1.*) Ferme en élévation, et coupe longitudinale.

LL Longerons supérieurs composés de deux poutres superposées de 0m,30 d'équarrissage, reliées entre elles par des brides en fer BB et des clefs en cœur de chêne *cc*.

L'L' Longerons inférieurs, semblables aux longerons supérieurs.

PPP Poteaux maintenant l'écartement des longerons, et pénétrant dans eux, à leur extrémité, de 10 centimètres; ils supportent aussi la poussée des contrefiches en croix de Saint-André, et la transmettent sur les longerons, CC, contrefiches en croix de Saint-André.

EEE Étriers en fer serrant les longerons contre les poteaux, et maintenant leur écartement *ll*...; *l'l'* longerons moisés assurant les contrefiches contre le pied des poteaux, et agissant aussi comme longerons ; BB brides.

MM, M'M' Moises transversales vues par bout.

(*Figure 2.*) Coupe suivant PQ (*figure 1*).

O Chapeau des palées sur lesquelles reposent les fermes.

FF Longerons des petites fermes latérales destinées à porter, comme échafaudage, une ferme définitive et composée seulement d'un longeron en trois pièces superposées et reliées à la moise M' par deux liens F'F' et deux moises pendantes F''F''.

MM Moises transversales supérieures reliant la partie supérieure des fermes et supportant les longrines des trois voies du pont provisoire, ainsi que le plancher supérieur et le garde-corps.

MM' Moises transversales inférieures reliant la partie inférieure des différentes fermes provisoires et devant porter les fermes définitives pendant leur construction, ainsi qu'un plancher de service.

VV Contrevents en croix de Saint-André; ils sont placés entre les moises transversales supérieures et s'opposent aux mouvements qui pourraient se produire dans le plan horizontal.

KK Contrefiches transversales en croix de Saint-André, maintenant les fermes dans le plan vertical, et reportant la charge d'une ferme sur l'autre.

QQ Longrines de la voie, reposant sur les moises transversales au moyen de tasseaux T, et sur les contrevents.

GG Garde-corps très-léger pour les ouvriers de service.

O' Tasseaux fixés sur les chapeaux pour entretoiser les longerons inférieurs et empêcher leur déversement. Ces tasseaux sont composés de quatre épaisseurs de madriers chevillés entre eux, dont les deux épaisseurs intérieures sont disposées en diagonales. Aux extrémités, sur les culées, la partie supérieure des fermes est fortement amarrée avec la maçonnerie, afin que tout l'ensemble résiste comme pièce encastrée. Les joints des longerons et des moises longitudinales sont consolidés par des plates-bandes en fer, et dans les plus grandes parties, la partie inférieure du pont est contreventée par de grands tirants en fer.

Les palées n'offrent rien de bien particulier dans leur construction. Elles sont de deux genres :

1° Les palées sur piles reposant sur les assises inférieures, non renversées, des anciennes piles ;

2° Les palées sur pilots placées dans l'intervalle des piles, sur les points où l'encombrement a permis de planter des pilots.

La hauteur des eaux, à l'époque du levage du pont, n'a pas permis d'établir les chapeaux des basses palées à un niveau

assez bas; c'est pourquoi il a été nécessaire de les contrebuter, à l'aval, par des arrière-palées en pilots inclinés, et, à l'amont, en les reliant au brise-glace. Tous les pieux ont, en outre, été moisés et contreventés à la baisse des eaux.

Telles sont les dispositions qui ont permis de commencer dès les premiers jours de mars les travaux du pont provisoire, qui a été livré à la circulation le 15 juin. Dans cet intervalle, les grandes eaux ont fait perdre trente-cinq jours; il reste pour le temps de travail soixante-cinq jours, dont vingt-trois pour le levage.

Détermination des dimensions des fermes.

Dans une ferme du système exécuté, tous les efforts au milieu sont convertis en traction sur le longeron inférieur, et en poussée sur le longeron supérieur. L'ensemble peut être considéré, comme résistance, comme un solide ayant un axe neutre passant au centre de figure, et dont la résistance est déterminée par la formule $F = \frac{R\,a\,(b^3 - b'^3)}{6\,b}$, dans laquelle b = la hauteur totale, b' la hauteur de l'évidement, a l'épaisseur de la ferme.

La résistance est proportionnelle au carré de la hauteur b. Il fallait donc lui donner toute la dimension que les conditions à remplir permettraient, la hauteur b' dépendant de celle des fermes définitives. C'est ainsi que les dimensions b et b' ont été déterminées à 5m,25 et 2,85 par les données mêmes du projet.

Le calcul ne pouvait déterminer que la dimension a.

Quoique les fermes fussent amarrées à leurs extrémités, ce qui forme un encastrement, nous les avons considérées comme appuyées. Dans cette hypothèse, l'expression de F en fonction de la longueur des travées et de la charge est donnée par la formule $F = \frac{P\,L}{4}$, d'où $\frac{P\,L}{4} = \frac{R\,a\,(b^3 - b'^3)}{6\,b}$, et $a = \frac{6\,b\,P\,L}{4\,R\,(b^3 - b')}$.

Nous avons calculé la valeur de a pour une portée de 30m,00, et en donnant au coefficient R un dixième de la charge de rupture, soit 60 k. par cent. carré de section. La charge réduite P supposée au milieu de la ferme est de 40,000 k. ainsi composés :

Poids de la charpente et des voies pour une ferme sur 30 mètres.	28,920 k.
Id. id. pour une ferme définitive sur 30 mètres..	23,340
Poids d'une machine et d'un tender.	28,000
	80,260 k.
Charge uniformément répartie, soit, au milieu . .	40,000

On aura donc :

$P = 40{,}000$ k., $R = 60$, $L = 3{,}000$, $b = 525$, $b^3 = 144{,}703.125$, $b'^3 = 23{,}149{,}125$, $b^3 - b'^3 = 121{,}455{,}000$; d'où $a = \frac{378.000.000.000}{29{,}149{,}200{,}000} = 13$, et, eu égard aux joints qui diminuent de moitié la résistance, $a = 26$ centimètres. On a donné $0^m{,}30$, afin que les bois refendus puissent fournir des traverses de voie après l'exécution du pont définitif.

Dans l'exécution, on a pu réduire à 23 mètres les plus grandes portées : aussi a-t-on obtenu une très-grande rigidité.

Après que le passage de quelques machines eut consolidé et resserré les assemblages, on a fait passer simultanément plusieurs machines, et il n'en est résulté que des flexions non permanentes de 6 à 7 millimètres. Le passage des convois ordinaires ne donne lieu qu'à des flexions de 3 à 4 millimètres : c'est l'élasticité que l'on obtient dans les ponts en arc de cercle.

Nous donnons plus loin le métré général de la charpente et de la ferrure du pont au-dessus des points d'appui.

Le cube total du pont à trois voies, palées et fermes d'échafaud non comprises, est de 940 stères pour trois voies de 168 mètres de longueur. Le cube de l'ancien pont était, pour la même longueur, de 1,050 stères. Ainsi, sous le rapport de l'emploi des bois, le système adopté ne le cède pas à celui de l'arc de cercle. Il a sur lui l'avantage de n'exercer sur les points d'appuis que des pressions verticales, d'admettre facilement des largeurs inégales des travées, et, enfin, de pouvoir être exé-

cuté avec une très-grande rapidité. Le pont en arc de cercle est plus simple et plus durable; mais, lorsque les conditions indiquées plus haut devront être remplies préférablement à toutes autres, nous pensons qu'il sera avantageux d'employer le système américain avec les modifications adoptées pour le pont de service d'Asnières.

Lu à la Société des ingénieurs civils le 31 août 1848.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	NOMBRE de PIÈCES.	DIMENSION. LONGUEUR	HAUTEUR.	LARGEUR.	POIDS ou CUBE.
Charpente, non compris les fermes d'échafaud.					
Longerons L et L', joints compris	8	173m00c	0m60c	0m 30c	249m42c
Moises L et L', joints compris.....	16	173 00	0 30	0 45	124 56
Poteaux verticaux P.....	168	4 25	0 30	0 30	64 18
Croix de Saint-Andre C.....	328	5 50	0 30	0 50	162 36
Moises M.....	84	11 20	0 15	0 30	42 34
Moises M'.....	84	15 50	0 15	0 30	58 35
Croix de Saint-André K.....	168	4 25	0 25	0 25	44 69
Croix de Saint-André K.....	84	4 60	0 25	0 25	24 11
Contrevents V.....	168	4 60	0 20	0 30	46 36
Contrevents V	84	4 90	0 20	0 30	25 42
Tasseaux T.....	126	316 70	0 25	0 20	45 69
Garde-corps.....	»	»	»	»	6 86
Plancher supérieur.....	»	170 00	0 06	7 00	79 86
Cube total, échafaud non compris.....					943m50c
Fermes latérales d'échafaudages.					
Longerons F, joints compris.....	2	173m00c	0m90c	0m30c	93m42c
Liens F'.....	168	0 90	0 20	0 20	5 45
Moises verticales F''..	168	1 10	0 30	0 20	9 98
					108m83

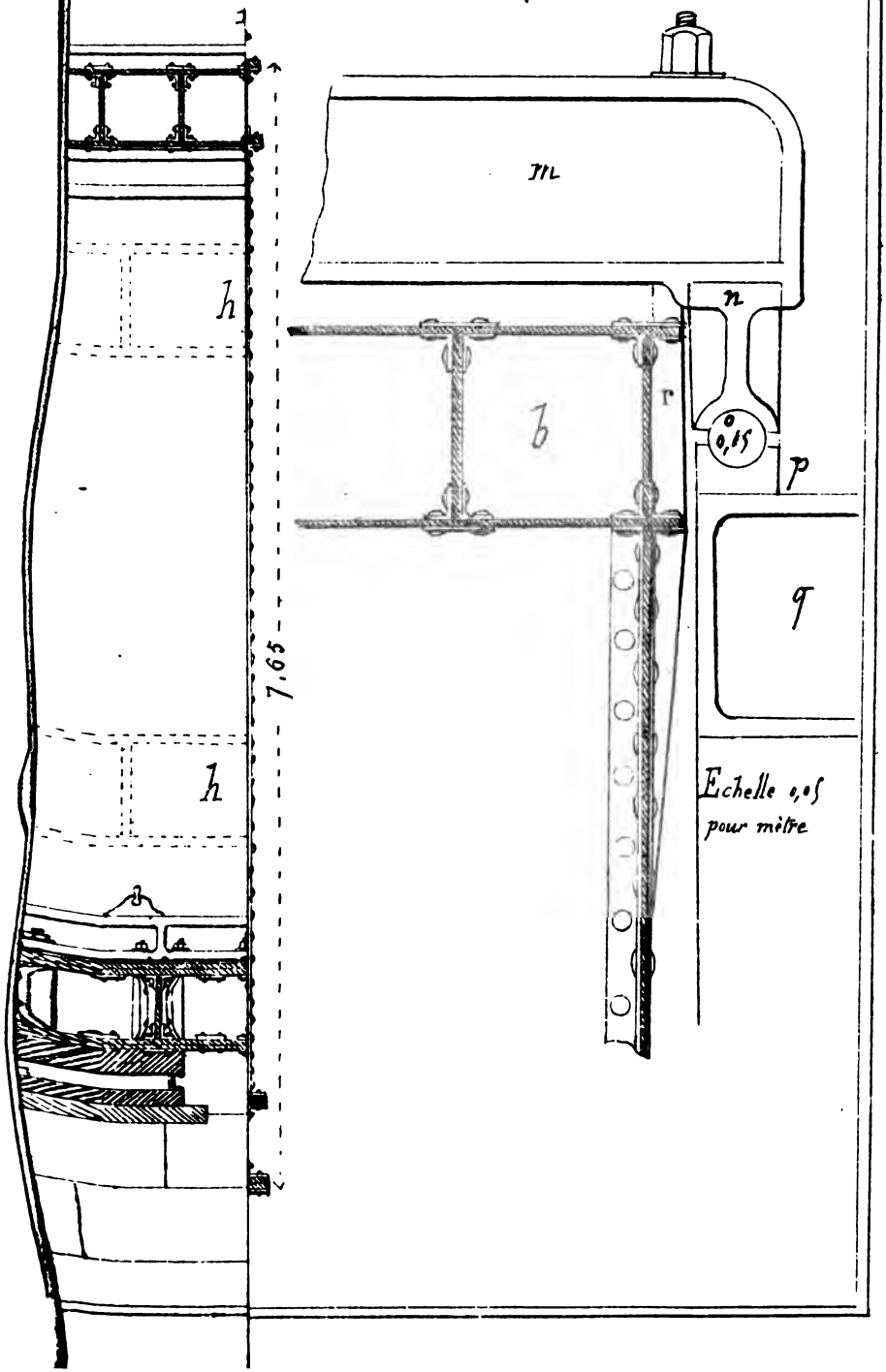
DÉSIGNATION DES PIÈCES.	NOMBRE de PIÈCES.	DIMENSION. LONGUEUR	HAUTEUR.	LARGEUR.	POIDS ou CUBE.
Ferrures, échafaud non compris.					
Grands étriers E	168	3m37c	0m04c	»	1840k00
Plates-bandes de ces étriers	336	0 46	0 08	0m040c	3860 00
Brides B	336	0 60	0 06	0 015	6185 20
Chapeaux de ces brides	336	0 46	0 08	0 040	3860 00
Boulons serrant les moises *l* et *l'*	640	0 54	0 03	»	2392 00
Boulons des croix de Saint-André C	164	0 30	0 03	»	432 00
Boulons des moises M et M'	840	0 46	0 03	»	2938 00
Boulons des croix de Saint-André K	126	0 30	0 03	»	333 00
Boulons des contrevents V	126	0 30	0 03	»	333 00
Plates-band. pour joints de longerons	200	1 50	0 10	0 015	3465 00
Boulons pour joints de longerons	200	0 17	0 15	»	35 94
Vis pour joints de longerons	400	0 12	0 10	»	24 00
Plates-bandes pour joints de moises	200	1 50	0 08	0 040	1848 00
Boulons pour joints de moises	200	0 15	0 14	»	17 95
Vis pour joints de moises	400	0 12	0 10	»	24 00
					44219k09
Ferrures des fermes d'échafaud.					
Brides X	168	0m90c	0m60c	0m015c	3630k64
Boulons de moises verticales	168	0 70	0 30	»	685 50
Boulons sur les moises transversales	336	0 46	0 03	»	903 00
					5219k14

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER, DE NAPOLÉON CHAIX ET Cie.

Planche 1

Vue par

Mode de suspension du tube.



cuté avec une très-grande rapidité. Le pont en arc de cercle est plus simple et plus durable; mais, lorsque les conditions indiquées plus haut devront être remplies préférablement à toutes autres, nous pensons qu'il sera avantageux d'employer le système américain avec les modifications adoptées pour le pont de service d'Asnières.

Lu à la Société des ingénieurs civils le 31 août 1848.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	NOMBRE de PIÈCES.	DIMENSION. LONGUEUR	HAUTEUR.	LARGEUR.	POIDS ou CUBE.
Charpente, non compris les fermes d'échafaud.					
Longerons L et L', joints compris	8	173m00c	0m60c	0m 80c	249m42c
Moises L et L', joints compris.....	16	173 00	0 30	0 15	124 36
Poteaux verticaux P.....	168	4 25	0 30	0 30	64 18
Croix de Saint-Andre C.....	328	5 50	0 30	0 50	162 36
Moises M.....	84	11 20	0 15	0 30	42 34
Moises M'.....	84	15 30	0 15	0 30	58 55
Croix de Saint-André K.....	168	4 25	0 25	0 25	44 69
Croix de Saint-André K.....	84	4 60	0 25	0 25	24 11
Contrevents V.....	168	4 60	0 20	0 30	46 36
Contrevents V.....	84	4 90	0 20	0 30	25 42
Tasseaux T.....	126	346 70	0 25	0 20	45 69
Garde-corps.....	»	»	»	»	6 86
Plancher supérieur.....	»	170 00	0 06	7 00	79 36
Cube total, échafaud non compris.....					943m50c
Fermes latérales d'échafaudages.					
Longerons F, joints compris.....	2	173m00c	0m90c	0m30c	93m42c
Liens F'.....	168	0 90	0 20	0 20	5 45
Moises verticales F"..	168	1 10	0 30	0 20	9 98
					108m85c

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	NOMBRE de PIÈCES	DIMENSION. LONGUEUR	HAUTEUR.	LARGEUR.	POIDS ou CUBE.
Ferrures, échafaud non compris.					
Grands étriers E.....	168	3m37c	0—0=04c	»	18401k00
Plates-bandes de ces étriers.....	336	6 46	0—0 08	0m040c	3860 00
Brides B.....	336	0 60	0—0 06	0 015	6185 20
Chapeaux de ces brides.....	336	0 16	0—0 08	0 040	3860 00
Boulons serrant les moises *l* et *l'*...	640	0 57	0—0 03	»	2392 00
Boulons des croix de Saint-André C	464	0 30	0—0 03	»	432 00
Boulons des moises M et M'	840	0 46	0—0 03	»	2958 00
Boulons des croix de Saint-André K	126	0 30	0—0 03	»	333 00
Boulons des contrevents V.....	126	0 30	0—0 03	»	333 00
Plates-band. pour joints de longerons	200	1 50	0 10	0 015	3465 00
Boulons pour joints de longerons..	200	0 17	0—0 15	»	35 94
Vis pour joints de longerons.....	400	0 12	0—0 10	»	24 00
Plates-bandes pour joints de moises	200	1 50	0 08	0 040	1848 00
Boulons pour joints de moises.....	200	0 15	0—0 14	»	47 95
Vis pour joints de moises.....	400	0 12	0—0 10	»	24 00
					44219k09
Ferrures des fermes d'échafaud.					
Brides X.....	168	0m90c	0=60c	0m015c	3630k64
Boulons de moises verticales.....	168	0 70	0—0 30	»	685 50
Boulons sur les moises transversales	336	0 46	0—0 03	»	903 00
					5219k14

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER, DE NAPOLÉON CHAIX ET Cie.

Vue pa

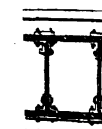
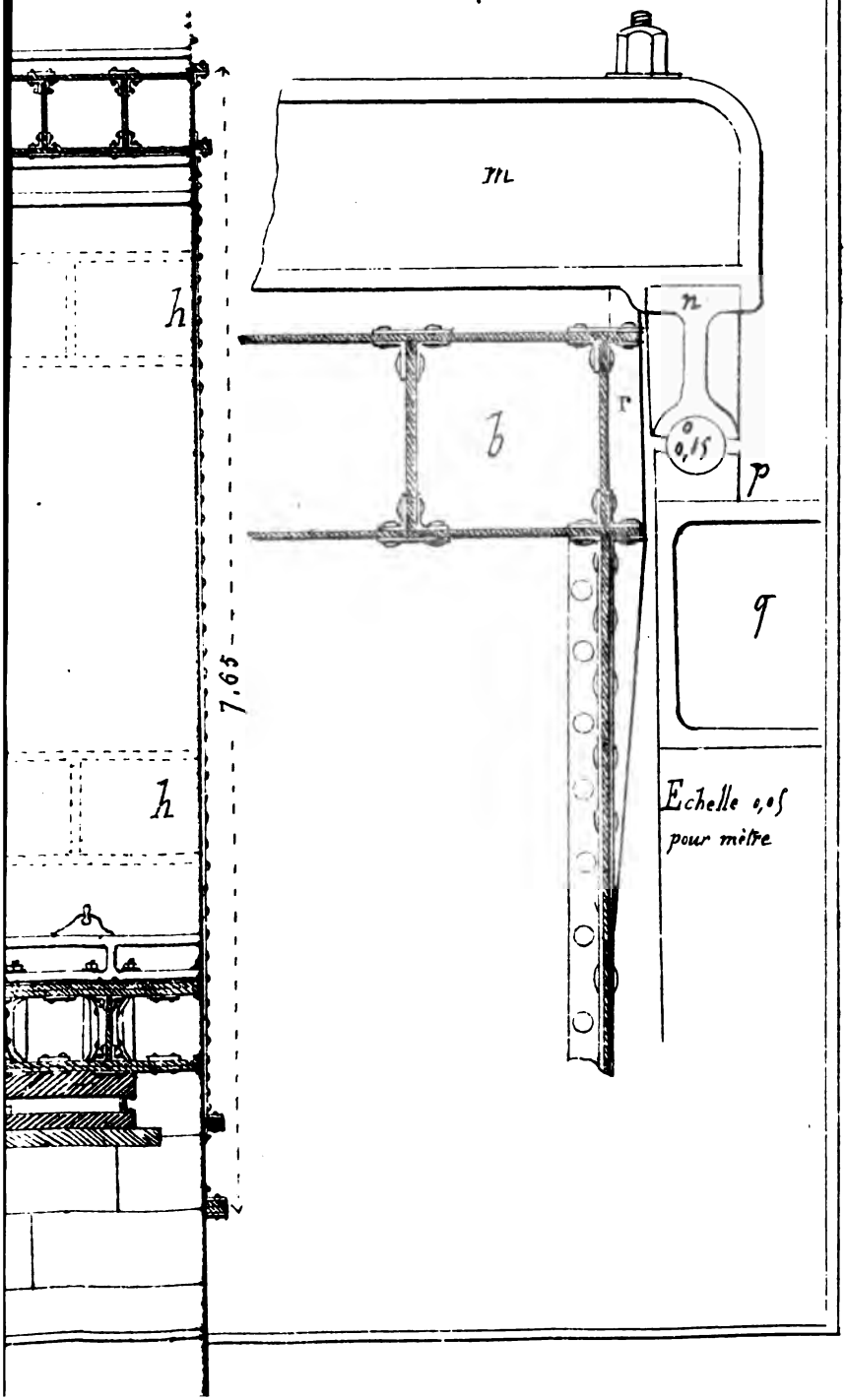


Planche 1

Vue par

Mode de suspension du tube.



MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Octobre, Novembre, Décembre 1848.)

N° 3.

CHER CONFRÈRE,

Le trimestre qui vient de s'écouler a encore été en grande partie consacré à la discussion du mode de recrutement du corps des ponts et chaussées et des mines. Le bureau de la Société a été admis à présenter à M. le Ministre des travaux publics, les observations qui vous ont été antérieurement envoyées. Le Ministre a été très-bienveillant, et s'il fallait juger du succès de nos réclamations sur l'accueil que nous avons reçu, il ne faudrait pas désespérer de la cause que nous soutenons; mais nous ne voulons nous faire aucune illusion, et nous savons de quelles difficultés nous entourent les précédents administratifs et le monopole centralisateur. La principale objection qui nous ait été faite par M. le Ministre, c'est que, si l'on proclamait l'accession de tous les citoyens aux fonctions les plus élevées dans les travaux publics, on ouvrirait ainsi la porte aux suggestions et aux influences de la faveur et de l'intrigue; que les issues seraient bientôt envahies et que le gouvernement serait débordé. Cette objection ne peut être faite, vous l'avez compris, que par ceux qui n'ont pas lu notre brochure et qui ne connaissent pas l'opinion de la grande majorité des membres de notre Société; car nous n'avons ja-

mais demandé la désorganisation de l'ancien corps royal; ce que nous voulons, ce que nous avons demandé, c'est sa réorganisation à un point de vue démocratique, avec toutes les difficultés d'un concours, et toutes les garanties de capacité et d'intelligence qui, loin de donner carrière à l'intrigue, en rendent à jamais les efforts impuissants, en ne récompensant que le mérite et les services rendus.

Tels sont les principes qui dominent dans notre livre. — Tous les bons esprits en ont été frappés. — La présentation par le gouvernement du projet de décret du 31 août, et la proposition déposée le 24 du même mois par quatre membres de l'Assemblée nationale, a appelé l'attention des ingénieurs de l'État. Ils n'y ont vu qu'une atteinte à l'École polytechnique qu'on n'attaque pas, et les ingénieurs généraux et divisionnaires ont déposé en même temps que nous, entre les mains du comité des travaux publics, une brochure dans laquelle ils réclament le *statu quo*, et repoussent toute analogie entre les conducteurs et les ingénieurs.

M. Stourm, dans le rapport qu'il a présenté à l'Assemblée, le 17 novembre, au nom du comité des travaux publics, rapport que nous croyons devoir mettre sous vos yeux comme annexe à notre compte-rendu, a fait justice de leurs prétentions.

Le projet de loi du comité, ainsi que vous pourrez le reconnaître, est loin de satisfaire à nos justes réclamations, et il y a lieu d'espérer que lorsque l'on étudiera l'organisation générale des travaux publics, soit dans l'Assemblée actuelle, soit dans l'Assemblée législative prochaine, on reconnaîtra qu'il faut apporter des modifications plus radicales que celle de l'admission des conducteurs après un certain temps de service. Cette admissibilité est sans doute une satisfaction donnée au principe du progrès, mais c'est là un résultat incomplet; tout le monde le comprend. Ce qui arrivera dans un avenir plus ou moins rapproché; ce qu'il est impossible d'éviter, si l'on suit les lois immuables de perfectibilité, c'est que l'École polytechnique sera tôt ou tard assimilée à l'École normale, et que ses élèves n'auront, pour

leur admission dans les écoles d'application, d'autre avantage qu'une instruction gratuite qui leur en facilitera l'accès par concours, et qu'il sera loisible aux hommes qui n'auront pas suivi la même voie, mais qui auront acquis ailleurs les connaissances théoriques et pratiques qui font l'ingénieur, de leur disputer l'honneur de servir l'État.

La Société doit redoubler d'efforts pour arriver à ce résultat et se dévouer énergiquement à cette cause. Dans l'admissibilité de toutes les capacités, de tous les talents aux fonctions de l'État, elle poursuit un but tout patriotique, l'indépendance de l'art qu'enlace si étroitement et que comprime si fortement l'esprit de corps et les habitudes routinières de l'administration des travaux publics, et l'avénement d'une pensée directrice qui accorde une protection éclairée à ce que l'expérience a consacré, et se montre jalouse de signaler et d'encourager l'esprit d'invention et d'initiative qui a élevé si haut la fortune et la gloire de l'Angleterre.

Constatons d'ailleurs que dans le rapport de M. Stourm il est établi d'une manière irréfragable que la loi n'oblige pas l'État à choisir exclusivement ses ingénieurs parmi les élèves de l'École polytechnique seule, et hâtons de tous nos efforts le moment où, le gouvernement sortant du système d'exclusion que l'influence du corps des ponts et chaussées et des mines lui a fait subir jusqu'a present, entre dans la voie libérale à laquelle le comité des travaux publics l'invite par l'organe de son rapporteur, et utilise les talents qui se produisent en dehors du corps des ingénieurs de l'État en appelant les ingénieurs civils qui se seront créé une haute réputation, à exécuter quelques-uns de ses travaux et à siéger dans le Conseil des travaux publics.

Espérons que ce conseil sera entendu, que la pensée libérale qui l'a inspiré sera consacrée par la loi d'organisation des travaux publics, et qu'elle était partagée par le gouvernement quand le Ministre des travaux publics déposait, dans la séance du 27 décembre dernier, l'arrêté qui retirait le projet de loi re-

latif aux conducteurs des ponts et chaussées, comme devant rentrer dans le projet de loi plus général de l'organisation des ponts et chaussées.

Votre Société s'est occupée ensuite de l'instruction professionnelle mise à son ordre du jour, pour être traitée ultérieurement; et sur l'invitation de M. le Président, il a été fait appel au zèle des membres de la réunion qui voudraient bien faire des cours publics et gratuits, destinés à apprendre aux ouvriers leur profession. Cet appel n'a pas été fait en vain ; plusieurs de nos confrères se sont présentés spontanément, et nous nous faisons un devoir de consigner ici leurs noms et une partie de leurs observations.

M. Rouget de l'Isle propose de faire un cours soit sur la *géométrie appliquée aux arts et métiers*, soit sur les *procédés de teinture et d'impression sur étoffes*. Il pense que chaque professeur devra faire au moins deux cours par semaine, et pendant dix mois consécutivement; que le programme des cours devra être arrêté et discuté par les professeurs proposés, et par les membres du bureau de la Société des ingénieurs civils ; que la méthode d'enseignement devra être purement expérimentale et démonstrative, et dégagée des longs développements scientifiques qui ne sont pas à la portée de l'intelligence pratique de l'ouvrier.

M. Ganneron pense que le bienfait le plus précieux que puisse recevoir aujourd'hui la classe ouvrière, c'est la moralisation et l'instruction, et il offre sa coopération individuelle, en faisant un cours sur les *procédés pratiques de fonderie*.

M. Albrizio, qui a fondé en 1840 une école populaire dans le département de la Corrèze, se propose pour faire un cours de *géométrie descriptive et de ses applications à la coupe des pierres et du bois, à la perspective et à la théorie des ombres*.

M. Arson pense qu'il faut surtout rechercher, dans l'enseignement professionnel, les sujets dont l'usage est le plus nécessaire aux ouvriers, dont l'application leur sera le plus immédiatement et le plus généralement utile, et dont, enfin, l'enseignement exigera le moins de préparation, et il consent à faire un cours de

dessin linéaire entendu de la manière suivante. Il renoncerait à faire des dessinateurs de profession, mais il voudrait amener très-promptement les ouvriers à comprendre et à interpréter les dessins qu'on leur livre pour l'exécution de leurs travaux, et à faire nettement et rapidement ceux dont ils auront besoin pour rendre leurs pensées. Il obtiendrait, dit-il, ce résultat, d'abord, en plaçant sous les yeux des élèves les objets matériels à côté des dessins plus ou moins conventionnels qui les représentent; ensuite, en les exerçant au lever du croquis devant servir à la mise au net. Il ajoute que si le temps à consacrer à cet enseignement était moins limité, il serait utile et qu'il se proposerait de faire un cours de *mécanique appliquée*, dans lequel il s'efforcerait de vulgariser les principes fondamentaux de la mécanique rationnelle, sans avoir recours à des démonstrations mathématiques, et d'en faire comprendre la valeur, en suivant leurs applications dans les principaux types de machines et appareils qu'on rencontre le plus fréquemment dans l'industrie. Enfin, il proposerait aussi de faire un cours sur l'*éclairage au gaz*.

M. Benard s'est présenté pour faire un cours de *mathématiques appliquées*.

M. Corot, un cours sur l'*hydraulique*.

M. Scribe, un cours de *chimie industrielle*.

M. Beaumont, un cours sur la *construction des machines*.

Après s'être livrée à ces études, la Société a eu à s'occuper des travaux faits par plusieurs de ses membres.

M. Lacambre a fait hommage à la Société de deux notices sur le chauffage de la nouvelle station du Nord à Bruxelles, et sur les différents procédés de chauffage employés dans les édifices et établissements publics. L'assemblée a décidé que des remerciements seraient adressés à M. Lacambre, qui serait invité à vouloir bien faire connaître les données d'exécution de ses procédés. Une commission, composée de MM. Ch. Callon, Léonce Thomas, Grouvelle et d'Hamelincourt, a été nommée à

l'effet de faire connaître à la Société les extraits dont on doit voter l'insertion.

MM. Callon et Laurens ont fait hommage à la Société d'un livre intitulé : *De l'organisation de l'industrie*, application à un projet de société générale des papeteries françaises. Des remerciements leur ont été votés. Le bureau a décidé qu'un compte-rendu bibliographique serait fait par M. Victor Bois, l'un des secrétaires. Ce travail a été lu, dans la séance du 21 décembre, et nous l'annexons à la suite des mémoires dont l'impression a été votée pendant le trimestre qui vient de s'écouler.

Ces mémoires sont au nombre de trois.

L'un, de M. G. Gayrard, sur la méthode de tracé suivie pour le piquetage de la ligne d'axe du chemin de fer de Paris au Havre et à Dieppe.

Le second a été traduit de l'anglais par M. Yvert, et consiste dans l'examen d'un batardeau portatif, employé surtout dans la construction des phares et des autres ouvrages en mer, par Thomas Stevenson.

Le troisième est l'extrait, fait par M. Ch. Callon, d'un mémoire inséré dans le numéro de septembre 1848 du *Journal des Architectes et des Ingénieurs anglais,* sur la flexion dynamique des fermes des ponts de chemins de fer.

M. le major Poussin, ministre plénipotentiaire de la République française aux Etats-Unis d'Amérique et membre de notre Société, lui a fait hommage du recueil des Patentes américaines (année 1847), et a écrit une lettre pour se mettre à la disposition des membres de la Société.

M. G. Gayrard fait hommage à la Société de trois autres volumes du même recueil des Patentes américaines, comprenant les années 1845 et 1846, et la table générale des Patentes depuis 1790 jusqu'à 1847. Il remet encore sur le bureau deux volumes de l'ouvrage de M. Béchard, représentant du peuple, sur la centralisation de la France. Des remerciements leur ont été votés.

M. Poupé a présenté une note sur le décintrement des voû-

tes et sur l'emploi des chaînes en pierre de taille dans l'intérieur des voûtes biaises.

M. Mathieu a présenté une note sur la fabrication des essieux et des bandages de roues pour wagons, tenders et locomotives.

Votre bureau s'est préoccupé vivement et avec persévérance de l'emploi et du placement de ceux de nos confrères qui sont maintenant sans position. M. Priestley a mis à la disposition des membres de la Société deux places, l'une de professeur de physique, chimie et minéralogie à Fribourg, en Suisse ; l'autre de sous-directeur dans une papeterie à cinquante lieues de Paris. Ces deux places ont été données immédiatement à deux de nos confrères, dans la spécialité desquels elles rentraient ; en outre, une commission permanente de placement a été créée ; elle se compose de MM. Eug. Flachat, président, Vuigner et Callon, vice-présidents, Laurens, Victor Bois, Edwards et Priestley.

Nous avons enfin à vous faire connaître que, dans la dernière séance du mois de décembre 1848, qui est, aux termes des statuts, une assemblée générale semestrielle, le trésorier a soumis à l'approbation de la Société les comptes du semestre écoulé. Ils ont été approuvés à l'unanimité, et il résulte du rapport du trésorier que l'avenir financier de la Société est assuré pour l'année 1849.

La séance du 21 décembre a été consacrée aussi à l'élection des membres du bureau et du comité par appel nominal, au scrutin secret et à la majorité simple pour tous les membres, excepté pour le président. Le bureau en exercice a présidé à cette élection et a fait le dépouillement du scrutin. M. Eugène Flachat a été réélu par acclamation à l'unanimité et sans scrutin, président pour l'année 1849. — M. Priestley, trésorier de la Société, a été réélu au scrutin à l'unanimité.

Enfin, le dépouillement général du scrutin a donné les résultats suivants, et le bureau en exercice a proclamé pour l'année 1849 :

Membres du Bureau :

M. Eugène Flachat, président; MM. Ch. Callon, Ém. Vuigner, vice-présidents; MM. Victor Bois, Ad. Bellier, G. Gayrard, secrétaires; M. Priestley, trésorier.

Membres du Comité :

MM. Grouvelle, Petiet, Edwards, Léonce Thomas, Nozo, Faure, Laurens, Polonceau, Paul Seguin, Degousée, Yvon-Villarceaux.

Enfin les conclusions suivantes, modifiant les statuts, ont été adoptées dans la même séance :

Sur la proposition de M. Callon, à partir du 1er janvier 1849, la cotisation annuelle des membres non résidans à Paris est réduite à 12 francs.

Sur la proposition de M. Priestley, pour la même année 1849, le bureau est autorisé à ne publier que quatre comptes-rendus au lieu de six qu'exigent les statuts.

Veuillez agréer, cher Confrère, l'assurance de notre fraternel dévouement.

Les Membres du Bureau :

Eugène FLACHAT, *Président.*
Ch. CALLON et DEGOUSÉE, *Vice-présidents.*
Victor BOIS, F. SCRIBE et Ad. BELLIER, *Secrétaires.*
PRIESTLEY, *Trésorier.*

Les sociétaires nouvellement admis sont les suivants, savoir :

Au mois d'octobre :

M. Lacambre, présenté par M. Callon.
M. Chavès, sur sa demande.

Au mois de novembre :

M. Gruyère, sur sa demande.

Au mois de décembre :

MM. Frère-Jean,
Gustave Vinchon,
Eugène Bertholomy,
Erhard,
} sur leur demande.

ANNEXES

DU COMPTE-RENDU D'OCTOBRE, NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1848.

Pièce N.

Rapport fait à l'Assemblée nationale, le 17 novembre 1848, au nom du Comité des travaux publics, sur le projet de loi relatif à des changements dans l'organisation du corps des conducteurs des ponts et chaussées et dans le mode de recrutement des ingénieurs,

Par le citoyen STOURM, Représentant du Peuple.

CITOYENS REPRÉSENTANTS,

Le Ministre des travaux publics a présenté, le 31 août dernier, un projet de décret par lequel il propose : 1° de donner aux conducteurs auxiliaires des droits à la retraite; 2° de créer dans le corps des ponts et chaussées un nouveau grade, celui de sous-ingénieur; 3° de recruter les ingénieurs du même corps parmi les élèves de l'École polytechnique, les sous-ingénieurs et les conducteurs.

Dès le 24 du même mois, quatre de nos collègues s'étaient réunis pour soumettre à l'Assemblée une proposition conçue dans le même esprit, mais plus large dans ses termes, et qui avait pour objet le recrutement des ingénieurs des ponts et chaussées, non-seulement parmi les conducteurs, mais encore parmi les ingénieurs civils.

Le projet de décret et la proposition renvoyés au comité des travaux publics ont donné lieu, dans son sein, à une discussion approfondie, précédée d'une enquête dans laquelle ont été successivement entendus les hommes les plus compétents et les

représentants de tous les intérêts que mettait en jeu la question très-complexe du recrutement du corps des ingénieurs des ponts et chaussées (1).

En effet, il ne suffisait pas d'apprécier les principes d'égalité au nom desquels le projet de décret et la proposition de nos collègues réclamaient, l'un l'admission des conducteurs, l'autre l'admission des conducteurs et des ingénieurs civils au titre d'ingénieur des ponts et chaussées; il était encore nécessaire de se rendre compte de l'effet d'une pareille mesure sur le corps des ingénieurs et sur l'accomplissement des devoirs qui leur sont imposés, sur la constitution de l'École polytechnique, et sur l'avenir des jeunes gens qui y sont reçus, après de pénibles épreuves.

Plusieurs membres du comité des travaux publics faisaient observer que le résultat des dispositions nouvelles demandées par le projet de décret et par la proposition touchait plus directement à l'intérêt de l'École polytechnique qu'au corps des ponts et chaussées lui-même; que, quels que soient les nouveaux élus dans ce corps, les ingénieurs auraient toujours la même carrière ouverte devant eux, au lieu que l'École polytechnique serait menacée d'une ruine prochaine, si elle ne pouvait plus offrir à ses élèves les positions que la loi d'institution leur avait réservées; que, lorsqu'il serait possible de parvenir au grade d'ingénieur des ponts et chaussées sans qu'il soit nécessaire de satisfaire aux conditions difficiles exigées à l'École polytechnique, les jeunes gens, n'étant plus assurés de

(1) Dans une enquête qui a occupé huit séances, le comité des travaux publics a entendu dix-neuf personnes, choisies parmi les hommes les plus compétents pour lui apporter des lumières sur les diverses questions qui ont été agitées dans son sein. Le Comité a en outre pris connaissance de vingt-trois pétitions présentées à l'Assemblée nationale par un grand nombre de conducteurs et piqueurs agissant soit en leur nom personnel soit comme délégués de leurs camarades, par des ingénieurs civils et par un ingénieur en chef des ponts et chaussées. Le Comité a reçu également plusieurs brochures, dont une contenait les observations des inspecteurs généraux et divisionnaires des ponts et chaussées, et une autre celles de la Société centrale des ingénieurs civils.

leur avenir, reculant devant un travail ingrat, préféreraient suivre la nouvelle voie qui leur serait ouverte et qui les conduirait au même but avec moins de peine, mais aussi avec moins de science ; que l'École serait atteinte dans son principe, et que le corps des ponts et chaussées subirait un abaissement graduel qui le ferait descendre du rang qu'il occupe comme corps savant. On ajoutait que le principe d'égalité invoqué au profit de la mesure proposée devait être invoqué, au contraire, pour le maintien de ce qui existe ; que l'égalité consistait en ceci : que tout le monde fût admissible à tous les emplois, sous les mêmes conditions d'aptitude; que l'État, qui devait tirer de ces fonctionnaires les meilleurs services, avait le droit incontestable de déterminer les épreuves d'après lesquelles devait être constatée leur capacité ; que l'égalité exigeait que les épreuves fussent les mêmes pour tous, et non pas que les uns pussent arriver avec le titre d'élève sortant de l'École polytechnique, et les autres avec le titre de conducteur ou d'ingénieur civil.

Ces raisons semblaient acquérir d'autant plus de force que la gratuité de l'École polytechnique ordonnée par le décret du 19 juillet dernier, détruisait la principale objection, en rendant l'entrée de l'École accessible à toutes les fortunes.

Les idées que nous venons de résumer ont été exposées avec conviction ; mais elles ne font envisager la question que sous un côté. Il est nécessaire de la présenter dans son ensemble.

École polytechnique.

L'École polytechnique, fondée en l'an II, sous le titre d'*École centrale des travaux publics*, fut ouverte en l'an III.

A cette époque, l'instruction était peu répandue ; le corps enseignant était en partie détruit; le nombre des hommes capables d'occuper les postes qui réclamaient des études élevées était à peine suffisant; l'industrie n'avait pas encore produit ces stimulants puissants qui développent l'instruction et l'intelligence en leur faisant entrevoir un but utile.

Le législateur obéit donc en quelque sorte à une nécessité en formant un corps enseignant qui réunissait les hommes les plus éminents et en demandant, comme garantie aux jeunes gens aspirant au grade d'ingénieur, l'instruction acquise dans une école de l'État.

Il est à remarquer néanmoins qu'aucune disposition législative n'en fait une obligation absolue.

L'article 15 de la loi du 7 vendémiaire de l'an III porte que les élèves sortant de l'École centrale des travaux publics *seront employés aux fonctions d'ingénieurs pour les différents genres de travaux publics*. L'article premier du titre II de la loi du 30 vendémiaire an IV établit que l'École polytechnique *est destinée à former des élèves pour le service des ponts et chaussées et constructions civiles*; mais ces lois constitutives de l'École polytechnique, ni aucune loi postérieure, n'ont jamais dénié à l'État le droit de choisir des ingénieurs en dehors des élèves de l'École.

Nous ne sommes donc pas arrêtés par une disposition prohibitive ni par la reconnaissance d'un droit exclusif en faveur des élèves de l'École polytechnique.

Nous ne devons pas être arrêtés davantage par le raisonnement que nous avons rapporté plus haut, et qui consiste à dire que le principe d'égalité demande que tous les aspirants au grade d'ingénieur des ponts et chaussées soient soumis aux mêmes épreuves et aux mêmes conditions d'admission.

Les droits de l'État ne peuvent pas être ainsi limités. Sans doute, il doit être établi, à l'entrée de la carrière et à tous les degrés de l'avancement, des règles qui déterminent suivant quelles conditions le candidat devra prouver son aptitude; mais les conditions peuvent varier suivant les situations. Il suffit que les divers procédés employés arrivent au même résultat, et constatent que chacun des candidats admis est doué des qualités qui doivent assurer un bon service.

L'égalité n'est pas dans le mode ou dans la forme de la preuve, mais dans la preuve elle-même; tous doivent faire la preuve

de leur aptitude; les moyens de la faire peuvent être divers.

L'intérêt de l'État l'exige ainsi, car ce n'est qu'en puisant à différentes sources, et en faisant un appel incessant à toutes les capacités, qu'on entretient dans les corps une émulation salutaire pour le bien du service, et qu'on compose un personnel qui réponde, par la diversité de ses aptitudes, à la diversité des fonctions.

C'est ainsi qu'on reçoit dans la magistrature, à des titres différents, les jeunes avocats qui débutent par le premier degré de l'ordre judiciaire, et les avocats expérimentés auxquels la pratique des affaires tient lieu des droits acquis dans les fonctions inférieures.

Les gardes forestiers peuvent parvenir aux emplois supérieurs de leurs corps, de même que les jeunes gens qui sortent de l'École forestière.

Dans l'arme du génie, les sous-officiers concourent (1) avec les élèves de l'École pour les places d'officiers de sapeurs. Ils peuvent aussi devenir ingénieurs militaires en passant par l'École d'application, mais sans passer par l'École polytechnique.

Dans l'artillerie, les sous-officiers (2) reçoivent l'épaulette d'officier et sont placés sur le pied de l'égalité avec les élèves sortant de l'École polytechnique.

Les élèves de Saint-Cyr n'ont aucun privilége sur les sous-officiers que leur mérite fait monter au grade d'officier.

Il y a même ceci de particulier que l'un de nos collègues nous a signalé, c'est que les officiers sortant des Écoles, placés en présence de leurs camarades autrefois sous-officiers, et ne voulant pas leur rester inférieurs dans les détails du service, s'appliquaient d'une manière toute spéciale à acquérir une pratique égale à la leur.

Il est vrai que l'assimilation n'est pas entière pour l'objet qui nous occupe, en ce qu'on est soldat par la volonté de la

(1-2) Un tiers sur deux tiers.

loi, et que le soldat ne peut quitter un service obligé, au lieu qu'on ne devient conducteur des ponts et chaussées que parce qu'on veut l'être, et que le conducteur est toujours libre de se retirer.

La différence est réelle, et on doit en tenir compte dans une certaine mesure; cependant il faut observer qu'il n'est pas entièrement juste de dire qu'on n'est conducteur que parce qu'on veut l'être. Il existe dans tous les emplois publics une telle concurrence, que le plus grand nombre des citoyens ne choisit pas la carrière qui lui convient le mieux; mais, pressé par le besoin de se procurer des moyens d'existence, il prend la première qui s'ouvre devant lui, sans considérer si elle est pénible et si elle le condamne à la médiocrité. Il est moins juste encore de prétendre qu'un conducteur est toujours libre de se retirer. La nécessité de vivre ne permet pas une pareille liberté.

Revenons à notre question. Le recrutement partiel des ingénieurs des ponts et chaussées parmi les conducteurs portera-t-il une atteinte grave à l'institution de l'École polytechnique?

Le comité des travaux publics a été unanimement d'avis que, si tel devait être le résultat de la mesure, il y aurait lieu de la repousser, quelque puissantes que soient, d'ailleurs, les considérations qui l'appuient.

Quoique l'École polytechnique n'ait plus, au point où est arrivé aujourd'hui l'état de l'enseignement, le degré d'utilité ou plutôt de nécessité publique qu'elle avait au moment de son organisation, il n'est pas un esprit raisonnable qui ne soit frappé des services que continue à rendre cette école célèbre que les étrangers nous envient et cherchent à imiter. Elle concentre dans son foyer les lumières des hommes les plus éminents qui, chaque année, communiquent les secrets de la science et ses dernières découvertes à de jeunes intelligences admirablement préparées pour les recevoir et les comprendre. Elle établit entre ces jeunes gens qui commencent ensemble leur carrière scientifique, une noble émulation d'étude et de moralité. Les liens fraternels qui les unissent, ainsi que la solidarité qui s'établit

entre eux, sont pour le reste de leur vie une garantie d'honneur. Aussi, portent-ils avec respect, nous dirions presque avec orgueil, le titre d'anciens élèves de l'École polytechnique. Entrés ensuite dans la carrière à laquelle ils sont destinés, ils se répandent sur tous les points de la France, où leurs conseils, leurs leçons et leur exemple font pénétrer petit à petit les lumières de la science et les enseignements d'une pratique raisonnée.

Cependant il faut le reconnaître, et nous ne prenons la liberté de faire cette observation que parce que les déclarations des savants les plus distingués que le Comité des travaux publics a entendus dans l'enquête à laquelle il s'est livré nous y autorisent, il faut reconnaître que l'instruction de l'Ecole polytechnique a dévié, depuis un certain nombre d'années, de son objet primitif. Il y a eu un empiètement malheureux de la science qui a dépassé le but que se proposaient les organisateurs. La pure théorie a pris une trop grande part dans les études. Plusieurs parties du programme d'enseignement paraissent inutiles, à ce point qu'on a prétendu devant le Comité que les élèves n'avaient rien de plus pressé que d'oublier, aussitôt qu'ils sont sortis de l'Ecole, une partie de ce qu'ils ont appris. Cet état de choses est fâcheux et appelle une réforme. Il a l'inconvénient de fatiguer sans fruit l'intelligence des élèves, de leur inspirer trop de confiance dans les théories, de les détourner de l'étude des faits, et souvent de leur inspirer du dédain pour les choses manuelles et pratiques. C'est là, il faut l'avouer, l'origine des reproches qui ont été adressés, non sans quelque raison, aux ingénieurs des ponts et chaussées.

L'admission de quelques conducteurs au rang d'ingénieur aura pour effet de faire comprendre que l'État ne demande pas seulement dans les services publics de la science, mais principalement de la pratique éclairée par la science ; car il faut chercher constamment à unir les deux éléments des connaissances humaines, la pratique et la théorie.

Cette pensée est celle des directeurs de l'École des ponts et chaussées, qui font de louables et de constants efforts pour di-

riger vers la pratique les études confiées à leur surveillance. On ne doit donc pas redouter que l'introduction d'un petit nombre de conducteurs dans le cadre des ingénieurs des ponts et chaussées nuise à l'École polytechnique. Ceci est une question de chiffres, et il est évident que, si le nombre est restreint, il ne peut porter aucune atteinte à l'existence de l'École, qui ne souffrira pas plus de perdre un petit nombre de places dans les ponts et chaussées, qu'elle n'a souffert jusqu'à ce jour des places d'officiers du génie ou d'artillerie données aux sous-officiers.

Ingénieurs des ponts et chaussées.

Quant au corps des ingénieurs des ponts et chaussées, il ne peut en éprouver aucun dommage; nous pensons même qu'il doit en résulter pour lui quelques améliorations.

Il verra introduire dans son sein l'élément pratique qui lui manque un peu et qui deviendra un motif de plus d'émulation. Les ingénieurs sortis de l'École ne voudront être inférieurs sous aucun rapport à leurs nouveaux collègues.

Il n'est pas bon que les corps s'endorment dans une trop grande sécurité. Quelques inquiétudes causées par la concurrence sont un stimulant utile.

Le corps ne se partagera plus en deux parties : d'un côté, un avancement illimité et une récompense toujours possible pour les services rendus; de l'autre, une carrière bornée et sans autre perspective qu'une position constamment inférieure. La mesure qui vous est proposée sera le point de soudure entre ces deux parties, qui marcheront plus unies, et apporteront par conséquent plus d'ensemble et d'énergie dans l'exécution des travaux qui leur sont confiés.

Mais si l'on veut qu'il s'établisse une solidarité sincère, il faut mettre le plus grand soin à ce que les conducteurs élevés au rang d'ingénieurs soient semblables à leurs collègues, sinon entièrement par la science, au moins par les habitudes de la vie et par la moralité. Si, sur ces deux points, il n'y avait pas une si-

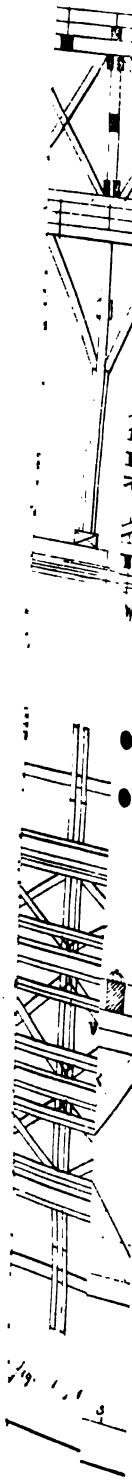
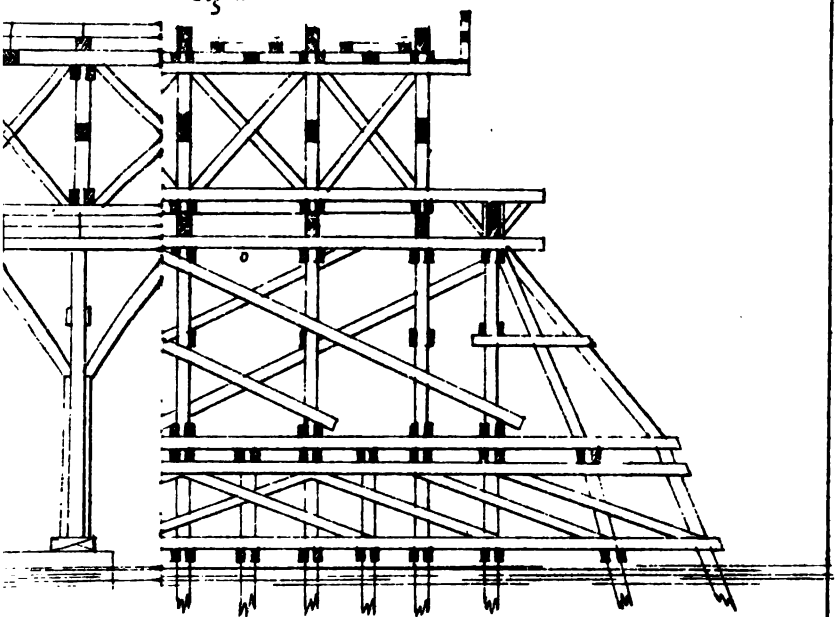
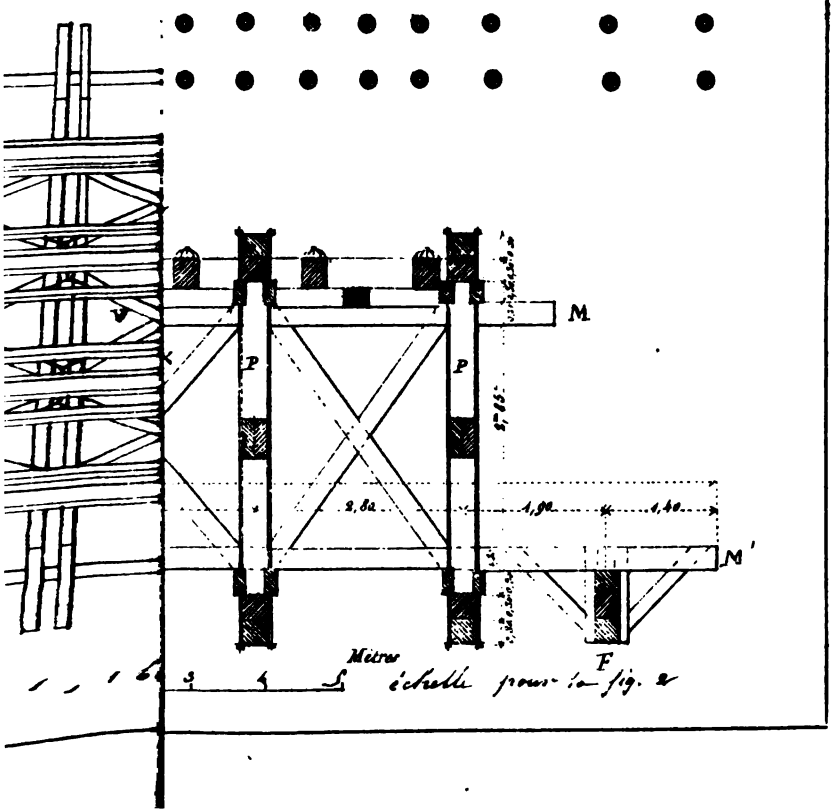


Fig 2 bis





militude aussi complète que possible, il en résulterait une scission fâcheuse. C'est alors que le corps des ponts et chaussées pourrait craindre de voir sa considération abaissée. Vous ne serez donc pas étonnés, si nous prenons des précautions que vous approuverez sans doute, pour que le corps reste toujours le juge de ces questions délicates que lui seul peut être appelé à résoudre. Aussi lui en fournissons-nous les moyens dans le travail dont nous vous demandons de le charger pour l'admission des candidatures.

Conducteurs des ponts et chaussées.

Le service des ingénieurs des ponts et chaussées ne se borne pas à faire exécuter des travaux; il consiste en outre à préparer et à dresser des projets, non-seulement sous le point de vue de l'art, mais encore sous celui de l'utilité publique. Les ingénieurs sont de plus chargés de l'instruction des affaires contentieuses se rapportant aux travaux publics, ainsi que des affaires d'usines, de desséchements, d'irrigations, etc. Souvent aussi ils sont consultés par l'administration sur des questions d'intérêt départemental ou communal.

Ces divers services absorbent une partie de leur temps, et ne leur permettent pas toujours de suivre avec assiduité le travail des chantiers.

Il y a donc nécessité de placer près d'eux des agents honnêtes, instruits, expérimentés, chargés, sous leurs ordres, de la surveillance active des travaux et de leur contrôle, de tenir les états des piqueurs et ouvriers, de vérifier les matériaux et leur emploi, de les toiser en présence des ingénieurs, d'aider ou de suppléer les ingénieurs dans les nivellements, le levé des plans, la préparation des projets, et enfin de concourir à l'exécution des lois, en verbalisant sur les contraventions de grande voirie.

Ces agents composent le corps des conducteurs des ponts et chaussées qui fut organisé par le décret du 7 fructidor an XII.

Le décret distingue les conducteurs en conducteurs embri-

gadés et aspirants conducteurs; leur nombre fut fixé à 350, classés ainsi qu'il suit :

Première classe	50
Deuxième —	110
Troisième —	100
Aspirants	30
Total	350

Leur traitement annuel était :

Première classe	1,500 fr.
Deuxième —	1,200
Troisième —	1,000
Aspirants	600

En 1837, le traitement des conducteurs embrigadés fut porté à 1,800 fr. pour la première classe, 1,600 fr. pour la deuxième, et 1,400 fr. pour la troisième.

A la même époque, les conducteurs aspirants prirent le titre de conducteurs auxiliaires, et restèrent divisés en trois classes, à raison de 1,400 fr., de 1,200 fr., et de 1,000 fr. de traitement annuel.

Le traitement des conducteurs embrigadés reçut une nouvelle augmentation, à partir du 1er janvier 1840. On donna 2,000 fr. à la première classe, 1,800 fr. à la deuxième, 1,600 à la troisième.

Leur nombre subit une progression plus rapide encore. Il est aujourd'hui, sans compter ceux qui sont payés sur les fonds départementaux, de 980 conducteurs auxiliaires, divisés ainsi qu'il suit :

Embrigadés.

Première classe	210
Deuxième Id.	285
Troisième Id.	385
	880.

Auxiliaires.

Première classe.	672
Deuxième id.	526
Troisième id.	575
	1,773

Les améliorations successives apportées dans le sort des conducteurs sont sans doute le résultat du progrès général qui a eu lieu dans toutes les existences depuis quarante ans; mais elles constatent aussi les services que ces agents ont rendus dans le corps des ponts et chaussées, et surtout la nécessité reconnue par l'administration de s'attacher des hommes plus instruits.

Un seul fait suffit pour démontrer la différence d'instruction qui existe entre les conducteurs actuels et les conducteurs de l'an XII. Il ne faut que comparer le programme des examens aux deux époques.

En l'an XII, les conducteurs étaient considérés comme de simples surveillants de chantiers auxquels on ne demandait que des connaissances élémentaires, *la lecture, l'écriture, le calcul, le toisé, le levé et le dessin au trait des plans élémentaires.* (Art. 52 du décret du 7 fructidor an XII.)

Aujourd'hui, on exige d'eux des examens comparables, pour l'étendue des connaissances, à ceux de l'École de Saint-Cyr.

En arrêtant le programme de ces examens, le Ministre disait dans ses instructions :

« Les connaissances demandées en l'an XII seraient tout à » fait insuffisantes aujourd'hui, et si les ingénieurs n'avaient » pour auxiliaires que des conducteurs satisfaisant uniquement » aux prescriptions du programme de l'an XII, il eût été impos- » sible d'exécuter tous les grands travaux dont l'administration » des ponts et chaussées est chargée depuis vingt-cinq ans : » aussi, a-t-il été depuis longtemps dépassé, et les ingénieurs » ont d'eux-mêmes, peu à peu, étendu le cadre des examens,

» de manière à le tenir à peu près au niveau des exigences » réelles du service.»

Il est nécessaire de constater que ce sont les exigences du service qui veulent que les conducteurs soient instruits, et qu'il serait impossible d'exécuter de grands travaux si les ingénieurs n'avaient pas pour auxiliaires des hommes d'une capacité éprouvée. Aussi le personnel du corps des conducteurs a-t-il fait de notables et rapides progrès qui ont été la conséquence d'un changement non moins grand dans les fonctions qu'ils remplissent.

Les ingénieurs, à mesure que leur service s'est étendu, ont été forcés de confier aux conducteurs une partie de leurs attributions.

Ce sont les conducteurs qui, non-seulement prennent les attachements, font les nivellements, dessinent les plans, mais ce sont eux encore qui, souvent, réunissent les éléments des projets, en étudient les dispositions avec leurs chefs et en suivent l'exécution. Ils remplissent même, dans un grand nombre d'arrondissements (65), les fonctions d'ingénieurs ordinaires, ou bien sont détachés pour conduire les travaux.

Quelle que soit l'importance de ces attributions, quelque zèle et quelqu'intelligence que les conducteurs apportent dans l'accomplissement de leurs devoirs, il ne faut pas penser néanmoins que beaucoup d'entre eux soient en état de s'élever aux fonctions d'ingénieurs. Les fonctions d'ingénieurs exigent des mérites si divers et des connaissances si étendues, que ce serait se tromper étrangement que de prétendre que les conducteurs possèdent en général l'ensemble des qualités qui sont exigées d'un ingénieur. Les uns sont d'excellents dessinateurs, les autres connaissent à merveille l'emploi des matériaux en usage dans une localité déterminée; d'autres encore apportent dans la surveillance et dans l'exécution des travaux, dans l'organisation des chantiers et dans leurs rapports avec les entrepreneurs, un esprit d'ordre et une énergie dignes des plus grands éloges; mais il y en a peu qui possèdent la généralité des con-

naissances théoriques, pratiques et administratives qu'un ingénieur ne doit pas ignorer; car il peut être, à chaque instant, appelé à en faire l'application dans l'étude d'un tracé, ou dans la construction d'une route, d'un canal, d'un chemin de fer, dans des travaux en rivière, dans des questions d'usine ou de règlement d'eau, dans des rapports sur l'administration, sur la statistique, sur le contentieux, etc.

Non, il faut le reconnaître, car notre premier devoir est de dire la vérité, le plus grand nombre des conducteurs est encore au-dessous de la tâche imposée aux ingénieurs.

Mais, est-ce à dire qu'on ne doive ouvrir aucune issue à la carrière qu'ils ont embrassée, et leur interdire tout droit à un avancement légitime, s'il se rencontre dans ce corps si méritant, comme nous n'en doutons pas, quelques sujets hors ligne, quelques capacités remarquables, en un mot quelques hommes en état de rendre de bons services comme ingénieurs?

Le principe de l'avancement indéfini dans toutes carrières, en raison du mérite et des services rendus, forme notre droit commun. Ce principe a été introduit moins dans l'intérêt des individus que dans l'intérêt de l'État, auquel il donne des fonctionnaires qui ont toujours devant eux un espoir qui stimule leur zèle, soutient leur bonne conduite et provoque le développement de leur intelligence.

Il est appliqué dans toutes les administrations, même dans celles où il existe des écoles spéciales. Le surnuméraire peut devenir chef de service, le soldat peut obtenir les épaulettes d'officier, le garde forestier peut parvenir aux fonctions d'inspecteur des eaux et forêts.

Il en est de même dans l'industrie privée, où il arrive souvent que le patron a commencé par être ouvrier, le chef de maison par être commis.

Telle est la loi de toutes les sociétés qui ont accepté pour devise l'égalité et le progrès.

Cette loi, à laquelle nous devons le plus grand nombre de nos hommes d'État, de nos administrateurs et de nos généraux, ne

reçoit plus que deux ou trois exceptions, dont l'une, et c'est la plus importante, fait obstacle à l'avancement des conducteurs des ponts et chaussées.

Le corps des ponts et chaussées comprend un personnel considérable qui commence, par la tête, aux inspecteurs généraux, et finit, à l'autre extrémité, aux conducteurs auxiliaires. Je ne parle pas des piqueurs et des ouvriers, personnel essentiellement mobile, payé au mois ou à la journée, qui passe du service de l'État au service des particuliers, et n'est attaché au corps des ponts et chaussées que par un intérêt momentané, sans l'espoir ni la volonté d'y trouver une carrière. Si quelques-uns veulent s'y attacher, ils subissent les épreuves imposées aux conducteurs auxiliaires, et s'ils sont reçus, ils commencent alors à faire partie du corps.

Le corps, à proprement parler, se compose donc, dans son état actuel, de conducteurs auxiliaires, de conducteurs embrigadés, d'ingénieurs ordinaires et d'ingénieurs en chef, d'inspecteurs divisionnaires et d'inspecteurs généraux. Tel est l'ordre hiérarchique. Nous avons été étonnés d'entendre de hauts fonctionnaires prétendre que c'était une erreur de considérer les ingénieurs et les conducteurs comme un seul corps, tandis que, dans la réalité, prétendaient-ils, il y en avait deux, marchant parallèlement, ayant des fonctions distinctes, et formant des tiges différentes ne provenant pas de la même semence et ne portant pas le même fruit.

Il est facile de démontrer que cette manière d'envisager les ingénieurs et les conducteurs est une erreur capitale.

Qu'est-ce qui constitue un corps de fonctionnaires? Est-ce le fait de provenir de la même semence, comme le disent les auteurs de l'objection? Mais alors les ingénieurs des ponts et chaussées, les ingénieurs des mines, les ingénieurs militaires, constitueraient donc un seul et même corps, car ils proviennent tous de la même semence; et, en sens contraire, les officiers de l'armée, dont les uns sortent des Écoles, et les autres des sous-officiers, formeraient deux corps distincts. Il en serait de même

des soldats, des sous-officiers et des officiers, au milieu desquels on compterait autant de tiges différentes qu'il y a d'origines diverses. Mais alors notre langue serait bien mal faite, car le dictionnaire et l'usage réunissent toutes ces tiges différentes sous un seul mot, celui de corps : corps de cavalerie, corps d'infanterie, corps du génie, corps d'artillerie, de même qu'on réunit tous les employés des ponts et chaussées sous l'appellation générale de corps des ponts et chaussées. On peut ensuite faire des subdivisions, et dire le corps des ingénieurs et le corps des conducteurs, comme on dit le corps des officiers et le corps des sous-officiers; mais ces subdivisions n'en sont pas moins rattachées au même tout.

Ce qui constitue un corps, c'est la collaboration ou le concours vers un but spécial d'agents hiérarchisés entre eux. Des fonctionnaires placés aux différents degrés de l'échelle hiérarchique, dont les uns sont supérieurs et les autres subordonnés, concourant, chacun dans sa sphère et sous les ordres les uns des autres, à l'exécution d'un travail déterminé, forment un corps. Les ingénieurs et les conducteurs appartiennent au même corps, parce que les conducteurs sont les subordonnés et les instruments des ingénieurs, et qu'ils concourent avec eux, en qualité de collaborateurs, mais sous leurs ordres, à l'exécution de la même nature de travaux. Ils sont, dans certains cas, leurs délégués, et, dans d'autres cas même, leurs remplaçants, lorsqu'ils sont détachés pour en remplir les fonctions.

Ce qui prouve d'autant plus le vice du raisonnement que nous combattons, c'est l'argument qui le suit. On dit : *Les employés des bureaux du ministère pourraient songer à devenir ingénieurs à plus juste titre que certains conducteurs habiles.* Non, les employés des bureaux ne peuvent pas songer à devenir ingénieurs, et s'ils y songeaient, leur demande serait justement repoussée, parce qu'ils n'appartiennent pas au corps. Ils appartiennent à un ordre distinct de fonctions dans lequel se fait leur avancement. Ils peuvent devenir de commis, chefs de bureau, et de chefs du bureau, chefs de division; mais ils ne peuvent

pas devenir chefs de bureau, ingénieurs. La règle ne consiste pas dans le droit de changer de carrière, mais dans le droit de passer du grade inférieur au grade supérieur dans la carrière qu'on a embrassée.

Si cette règle de l'avancement appliquée dans toutes les administrations était également appliquée aux ponts et chaussées, il ne devrait y avoir aucun obstacle, sauf les conditions d'aptitude, de mérite et de services rendus, à ce que les conducteurs auxiliaires pussent monter successivement, par les différents degrés de l'échelle, jusqu'aux grades supérieurs.

En est-il ainsi?

Le conducteur auxiliaire peut devenir conducteur embrigadé de troisième classe; il peut passer de la troisième classe dans la seconde, et de la seconde dans la première. Arrivé là, sa carrière est terminée. Il s'élève devant lui une barrière infranchissable. Il n'a plus dans l'avenir ni un but, ni une espérance. Il ne lui est pas permis de prétendre aux fonctions qui sont au-dessus de celles qu'il occupe.

Et cependant, ce conducteur qui a atteint le terme extrême de l'avancement auquel il lui est permis d'aspirer, est encore dans la force de l'âge (il ne dépasse pas en général quarante ans), son corps a toute sa vigueur, son esprit toute son activité; son expérience acquise, ses connaissances plus étendues, et, faut-il le dire? les besoins de sa famille qui se sont accrus, lui font sentir la nécessité d'utiliser les services qu'il peut rendre. Que fera-t-il? ou bien il abandonnera le corps des ponts et chaussées, dans lequel il laissera un vide regrettable, ou bien l'absence de toute émulation amortira son zèle.

Il s'en faut de beaucoup que ce soit là l'histoire de tous les conducteurs de première classe. Il y en a certainement un grand nombre que le sentiment du devoir préserve du découragement; mais la mesure qui limite à ce point l'avenir des conducteurs n'en est pas moins mauvaise, puisqu'elle peut avoir pour effet d'abaisser la valeur d'un homme capable, ou de priver l'État d'un bon serviteur.

» Le Comité des travaux publics a pensé que la justice et l'intérêt du pays se réunissaient pour exiger qu'on accordât aux conducteurs le droit de devenir ingénieurs. Il a admis le principe, mais en reconnaissant les limites qui devaient être apportées dans son application. Ces limites ont deux objets : d'une part, ne pas compromettre l'existence de l'École polytechnique, et, d'autre part, conserver au corps des ponts et chaussées sa haute position de savoir et de moralité.

Conditions de l'admission des conducteurs au grade d'ingénieur.

Les conditions d'admission des conducteurs au grade d'ingénieur doivent être calculées de manière à donner satisfaction au double objet que nous venons de signaler, et en même temps à ouvrir loyalement la porte de l'avancement à ceux de ces fonctionnaires qui auront fait preuve d'une aptitude suffisante.

Plusieurs systèmes ont été proposés. Nous allons les indiquer sommairement.

Le plus large est celui qui consiste à demander qu'il n'existe en faveur des élèves de l'École polytechnique aucun motif de préférence. Un concours général serait ouvert pour l'admission au titre d'ingénieur des ponts et chaussées. Tous les citoyens auraient le droit de s'y présenter, et tous ceux auxquels le résultat de l'épreuve serait favorable seraient nommés ingénieurs.

Ce système est en dehors de notre sujet. Déjà nous avons exprimé notre opinion sur la nécessité de conserver à l'École polytechnique des droits dont la privation compromettrait son existence. Nous ne nous occupons d'ailleurs que du sort des conducteurs. Néanmoins, nous ne pouvons nous refuser à jeter un coup d'œil sur un système qui a rencontré plus d'un défenseur. On cite à l'appui les concours d'agrégation pour les lycées et les facultés, ouverts à tous, et dans lesquels les élèves de l'École normale n'ont sur leurs concurrents d'autre avantage que celui qui résulte de fortes études.

La comparaison est mal choisie. Si les élèves de l'École nor-

mais n'ont point de droit exclusif aux places d'agrégés dans les lycées ou les facultés, ils sont certains, s'ils ne réussissent pas dans le concours d'agrégation ou s'ils ne s'y présentent pas, de trouver une position convenable dans les collèges communaux ou dans les autres emplois universitaires dont le ministre dispose. L'École normale a donc toujours pour les élèves un but utile et leur ouvre une carrière assurée, avec d'autant plus de certitude que le nombre des élèves de cette école est très-loin d'être en rapport avec les besoins de l'enseignement.

Mais en est-il de même pour l'École polytechnique? Si l'on admet le concours général, il ne se bornera pas aux nominations des ingénieurs des ponts et chaussées, et l'on ne peut douter qu'il ne s'étende bientôt à tous les autres services dont les fonctionnaires sont pris parmi les élèves de l'École polytechnique. Mais alors que deviendra cette école, dont la conservation importe à l'étude et aux progrès de la science, si les élèves, malgré les examens d'entrée et de sortie, n'ont acquis aucune espèce de droit et sont obligés de courir de nouveau les hasards d'un concours?

On ne fait pas attention d'ailleurs qu'il s'agit de régler ici le droit des conducteurs à un avancement légitime. Eh bien, dans la combinaison dont il s'agit, les conducteurs sont complétement oubliés. Que les ingénieurs des ponts et chaussées soient pris à l'École polytechnique, ou qu'ils soient pris en dehors, le sort des conducteurs n'en éprouve aucun changement. Revenons donc aux conducteurs.

On propose de donner aux conducteurs la faculté d'être admis à l'École polytechnique jusqu'à l'âge de vingt-cinq ans, ainsi que cela a lieu pour l'armée.

Cette tolérance d'âge, qui peut ne pas présenter d'inconvénients dans l'armée, en aurait de très-graves dans le corps des conducteurs. Ces agents des ponts et chaussées sont chargés d'un service actif qui absorbe tout leur temps. De deux choses l'une, ou ils n'auront pas assez de liberté pour se livrer aux études qu'exige la préparation aux examens de l'École, et alors

la faveur qu'on semblera leur faire ne sera qu'une tromperie, ou ils prendront le temps nécessaire pour étudier, et alors ils ne rempliront pas leurs fonctions et feront leur instruction aux dépens de l'État. La loi ne peut consacrer un pareil abus, qui ne serait qu'un moyen de favoriser quelques jeunes gens protégés.

D'ailleurs, comment les conducteurs admis à l'École en sortiront-ils? Peut-être dans les services militaires. Le but ne serait donc pas atteint. Là ne se trouve pas encore le moyen de régulariser l'avancement des conducteurs.

On a proposé aussi de donner aux conducteurs la faculté de se faire recevoir, après examen, à l'École des ponts et chaussées, sans passer par l'École polytechnique.

Cette proposition donne lieu à peu près aux mêmes objections que celles que nous avons indiquées contre la proposition précédente. Il faut ajouter que ce serait aller contre le but que nous nous proposons, de favoriser cette disposition exclusive à s'occuper de la théorie et à négliger la pratique, et qu'il est impossible de supposer que des conducteurs, quelque heureusement doués qu'ils soient, puissent acquérir, au milieu des occupations que réclame leur service, s'ils ne les négligent pas, une somme de connaissances qui les place au niveau de jeunes gens qui, après deux ans d'École polytechnique, en sont sortis dans un rang assez bon pour entrer à l'École des ponts et chaussées. C'est donc encore un véritable leurre ou un abus.

Toutes ces tentatives infructueuses, faites pour tourner la question, démontrent que le procédé le plus simple est de l'envisager de front.

Les conducteurs doivent, à titre d'avancement régulier, pouvoir parvenir au grade d'ingénieur. Quelles sont les conditions de moralité, de pratique, de science, que l'on exigera d'eux, afin de constater leur aptitude à remplir ces nouvelles fonctions?

Votre comité des travaux publics a fixé ces conditions de la manière suivante :

1° Candidature examinée et admise par les ingénieurs sous les ordres desquels le conducteur a servi ;

2° Dix années de services effectifs ;

3° Concours entre tous les candidats admis.

L'admission de la candidature par les ingénieurs après dix années de service est la garantie de la moralité et des connaissances pratiques.

Le concours est la garantie de la science.

Nous exposerons les détails lorsque nous entrerons dans la discussion des articles du projet ; mais il est nécessaire de remarquer dès à présent que des conducteurs reçus ingénieurs après dix années de service obtiennent une position qui n'est pas comparable à celle des ingénieurs sortis de l'École. Ceux-ci conservent toujours l'avantage d'avoir été reçus ingénieurs d'emblée, ce qui leur donne au moins six années d'antériorité de grade et leur permet d'arriver aux hautes positions du corps que les conducteurs ne pourront atteindre que plus difficilement.

Des sous-ingénieurs.

Le projet de décret présenté par le Ministre propose de créer un nouveau grade qui pourra être conféré, à titre d'avancement, aux conducteurs dont les bons services auront mérité cette récompense.

Les conducteurs nommés prendront le titre de sous-ingénieurs.

Le Comité des travaux publics accepte la pensée du Ministre.

La nécessité du grade nouveau qu'il s'agit d'introduire dans le corps des ponts et chaussées est indiqué par ce qui se passe actuellement.

Un grand nombre de conducteurs remplissent les fonctions d'ingénieurs ordinaires dans les arrondissements, d'autres ont des services détachés, ou la surveillance de grands travaux. Ils ont sous leurs ordres des conducteurs, c'est-à-dire des collègues sur lesquels ils n'exercent d'autre autorité que celle que leur confère une mission temporaire. On comprend que, dans cette situation précaire, ils ne peuvent obtenir qu'une obéissance

incomplète et un concours peu actif. Le service en souffre. D'un autre côté, la carrière des conducteurs, bornée comme elle l'est, n'excite pas une émulation suffisante. Il est utile, dans l'intérêt de l'État d'y introduire un stimulant nouveau.

Lors même qu'on accueillerait la proposition qui donne aux conducteurs le droit de devenir ingénieurs, cet avancement leur sera départi avec tant de parcimonie qu'il faut plutôt y voir la consécration d'un principe de justice que l'origine d'une émulation qui réfléchisse sur tous les membres du corps. En effet, la vie laborieuse des conducteurs et les occupations pratiques auxquelles ils sont livrés presque exclusivement détourneront toujours le plus grand nombre de la pensée de devenir ingénieurs. Il est donc nécessaire de leur offrir une autre perspective de nature à animer leur zèle et à soutenir leur courage.

Le projet ministériel propose deux modes de nomination des sous-ingénieurs.

Les uns pourraient être nommés sur la proposition de la commission d'examen chargée de juger le concours ouvert pour l'admission des conducteurs au grade d'ingénieur; cette commission aurait la faculté de demander le titre de sous-ingénieur en faveur des concurrents classés immédiatement à la suite de ceux qui ont réussi.

Les autres pourraient être nommés, après vingt ans de service, sur la présentation de l'inspecteur de la division et de l'ingénieur en chef.

Le Comité des travaux publics n'a adopté aucun de ces deux modes de nomination.

Il repousse le premier, parce que le concours ouvert pour l'admission au grade d'ingénieur doit avoir une nature toute différente du concours qui s'ouvrira pour celui de sous-ingénieur.

On ne doit pas demander aux aspirants à l'un ou à l'autre de ces grades ni les mêmes qualités ni les mêmes connaissances. Il est essentiel de ne pas perdre de vue que les sous-ingénieurs ne sont que les premiers parmi les conducteurs, et que leurs titres principaux consisteront dans l'expérience qu'ils auront

acquise et les bons services qu'ils auront rendus. Il pourra donc se faire que beaucoup de conducteurs inhabiles à se présenter au concours ouvert pour l'admission au grade d'ingénieurs, soient très en état de faire de bons sous-ingénieurs.

Nous devons, d'ailleurs, le dire franchement, les concurrents malheureux dans un concours ne nous inspirent que peu de confiance. Il peut y avoir une distance énorme entre le dernier admis et celui qui vient après, et cependant, les juges du concours, toujours portés par un sentiment de bienveillance naturelle à donner une consolation aux candidats qui n'auront pas réussi, feraient naître la pensée de se présenter au concours, non pas pour être nommé ingénieur, mais pour obtenir une présentation au grade de sous-ingénieur.

Nous n'admettons pas non plus le second mode proposé, qui consiste à confier la présentation des candidats au grade de sous-ingénieur, après vingt ans de service, à l'inspecteur divisionnaire et à l'ingénieur en chef.

Nous craignons que dans ce mode de nomination, les longs services ne soient plus comptés que les bons services, et qu'on ne fasse arriver, en général, aux fonctions de sous-ingénieur que des hommes usés qui n'ont pu parvenir par leur mérite, et auxquels on voudra, à la fin de leur carrière, donner un titre honorifique et des droits à une retraite plus avantageuse. Il est nécessaire de prendre des précautions contre un pareil abus, qui donnerait une fausse direction aux fonctions de sous-ingénieur, fonctions importantes qui demanderont, sinon des hommes de science, au moins des hommes éclairés, actifs et énergiques.

Afin d'assurer de bons choix et enlever toute prise à la faveur, nous vous demandons de faire nommer au concours les sous-ingénieurs, après dix ans de services effectifs.

Les sous-ingénieurs formeront une classe spéciale de fonctionnaires, avec des attributions et des devoirs définis. Ils auront le droit de concourir pour l'admission aux fonctions d'ingénieur, mais ce droit ne sera pas exclusif, ils le partageront avec les conducteurs. Nous avons pensé, d'après des raisons déjà

données, qu'il y aurait de graves inconvénients à considérer les sous-ingénieurs comme les seuls candidats au titre d'ingénieur. Il ne faut pas restreindre l'entrée du corps des sous-ingénieurs aux seuls hommes capables de devenir ingénieurs.

Des qualités d'une autre nature doivent en ouvrir les portes, et il est utile qu'un grand nombre de ceux qui occuperont le poste de sous-ingénieur cessent d'être préoccupés de vues d'avancement.

Des ingénieurs civils.

Les Représentants du peuple, auteurs de la proposition renvoyée au Comité des travaux publics, demandent que le tiers des emplois d'ingénieurs dans l'administration des ponts et chaussées soit réservé aux conducteurs des travaux publics et aux ingénieurs civils.

Nous avons déjà fait connaître l'opinion du Comité en ce qui concerne les conducteurs. Il ne nous reste plus qu'à nous expliquer relativement aux ingénieurs civils.

Il serait nécessaire, avant toute chose, de définir ce qu'on entend par ingénieur civil. Ce titre, qui n'exige pas de diplôme, ni des épreuves, ni des travaux préalables, peut être pris par tout le monde. Dans l'état actuel, si l'on décidait que des emplois d'ingénieurs des ponts et chaussées seront réservés aux ingénieurs civils, c'est comme si l'on décidait que cette réserve aura lieu en faveur de tous les citoyens auxquels il conviendra de concourir. Mais supposons la difficulté résolue, et passons outre.

Dans quel intérêt la proposition est-elle faite? ce ne peut être que dans un intérêt général. Certainement, les auteurs de la proposition n'ont pas eu la pensée de provoquer une mesure qui n'aurait d'autre objet que l'utilité de quelques ingénieurs civils, et dont toutes les conséquences se borneraient à procurer des places plus ou moins lucratives à quelques-uns d'entre eux; car, il faut bien le remarquer, les ingénieurs civils n'ont aucun droit personnel à invoquer, à la différence des conducteurs, qui, eux,

appuient leurs prétentions sur le droit légitime de l'avancement tel qu'il est pratiqué dans toutes les administrations.

Les ingénieurs civils ont adopté une carrière; qu'ils la suivent en toute liberté. La loi doit les protéger dans le développement régulier de leurs facultés pour s'élever aussi haut qu'ils le pourront dans la profession qu'ils ont choisie, mais elle ne leur doit pas autre chose.

Elle ne doit pas, par exemple, au détriment de droits préexistants, au détriment des droits des élèves de l'École polytechnique et de ceux des conducteurs eux-mêmes, réserver à une certaine classe de citoyens des places d'ingénieur dans l'administration des ponts et chaussées, parce que la profession que ces citoyens ont choisie librement ne leur convient plus, ou parce que le succès n'a pas couronné leurs espérances.

Pourquoi d'ailleurs limiter aux ingénieurs civils le privilége réclamé? Les architectes n'ont-ils pas des droits égaux? Les ingénieurs militaires ou les ingénieurs de la marine n'auraient-ils pas plus de titres encore pour réclamer leur admission dans le corps des ponts et chaussées? On ne peut donc invoquer des raisons de convenances personnelles, et il est évident qu'il n'y a qu'un motif d'intérêt public qui puisse justifier la mesure proposée.

Ce motif a été développé devant le Comité. On a dit que l'État devait conserver le droit de choisir, pour l'exécution de ses travaux, les plus capables partout où ils se rencontreraient. On a dit aussi que le corps des ponts et chaussées, nourri dans des études trop exclusivement théoriques, n'avait pas des connaissances pratiques suffisantes; que, trop habitué à n'examiner les choses qu'au point de vue de l'art, il n'avait pas un sentiment suffisamment développé des affaires industrielles; qu'un esprit de corps trop dominant comprimait l'initiative individuelle et arrêtait l'essor des intelligences. Mais, en supposant que ces reproches soient fondés, en quoi y remédie la proposition de nos collègues?

L'objet de la proposition est de réserver le tiers des emplois

d'ingénieurs des ponts et chaussées aux conducteurs et aux ingénieurs civils. On ne veut pas parler sans doute des emploi d'ingénieurs en chef ou d'inspecteurs généraux. On ne peut entendre que les emplois par lesquels on débute dans le corps des ingénieurs, c'est-à-dire les emplois d'ingénieur ordinaires de troisième classe qui reçoivent un traitement annuel de 1,800 fr.

Comment, c'est en vue d'un traitement aussi faible qu'on a l'espoir d'appeler dans le corps des ponts et chaussées des ingénieurs civils plus capables que les ingénieurs ordinaires qui ont subi l'épreuve de l'École polytechnique et de l'École des ponts et chaussées; des hommes qui aient des connaissances pratiques déjà acquises par des travaux importants; qui aient l'esprit et l'expérience des affaires; qui aient le don de l'initiative! Cela est impossible. La proposition n'aboutit pas au but qu'elle se propose. Si l'on veut faire entrer dans le corps des ponts et chaussées des ingénieurs civils vraiment utiles et qui aient fait leurs preuves, il faut leur donner des emplois supérieurs.

Ce n'est qu'à cette condition que des hommes qui ont un véritable mérite abandonneront la position qu'ils doivent à leurs talents et leurs espérances d'avenir. Mais alors vient la difficulté d'apprécier le mérite relatif, de discerner ce qu'il y a de réel ou de factice dans ces réputations où, comme on l'a dit avec raison, les articles de journaux jouent quelquefois un grand rôle, et enfin de déterminer la somme de capacité qui correspond aux différents grades du corps des ponts et chaussées, afin de classer chacun suivant sa valeur. Ça n'est pas tout; il faut instituer des concours, régler les juges et la matière des examens pour les différentes positions. Quel est l'homme de valeur qui, après un exercice plus ou moins long comme ingénieur civil, voudra exposer sa réputation aux chances d'un examen? N'a-t-on pas la crainte de ne voir se présenter que des jeunes gens sans expérience, des savants sans pratique ou des hommes usés qui veulent se reposer? Et si, par hasard, il se présente un homme d'un mérite véritable, est-ce pour cette très-rare exception qu'il

faut s'exposer à introduire dans le corps des ponts et chaussées un principe nouveau qui en amènerait infailliblement la désorganisation?

Néanmoins, nous n'entendons pas prononcer une exclusion absolue, et nous sommes très-loin de dire que l'État doive s'abstenir d'utiliser les talents éminents qui pourraient se produire en dehors du corps des ponts et chaussées. Ainsi que nous l'avons déjà fait observer, il n'y a aucune loi qui interdise au gouvernement le droit de confier la direction de certains travaux à des personnes étrangères au corps des ingénieurs officiels. Si donc il arrivait qu'un ingénieur civil se fût fait une grande réputation dans des travaux d'une certaine nature et que l'État eût à exécuter des travaux semblables, il y aurait utilité et justice à en charger l'homme qui, par sa spécialité éprouvée, présente le plus de garantie d'une bonne exécution. Mais il ne s'agit là que d'une affaire déterminée dans laquelle l'État agit comme un particulier qui prend un architecte pour une construction et se sépare de lui lorsque la construction est achevée. Il n'y a pas de grade conféré ni d'engagement contracté pour l'avenir. Nous allons plus loin, et nous disons que toutes les fois que des ingénieurs civils se seront créé une haute réputation, l'État agira sagement en s'entourant des lumières de leur expérience et en les appelant dans les conseils des travaux publics dont l'organisation a besoin de recevoir quelques modifications.

Cette pensée, si elle était développée, nous entraînerait trop loin. Il suffit de l'avoir énoncée. Quant à présent, nous devons nous borner à vous faire connaître l'opinion du comité des travaux publics sur la proposition des citoyens Detours, Auguste Mie, Piétri et Delbetz.

D'après les considérations qui ont été développées plus haut, le Comité vous propose de ne pas l'adopter en ce qui concerne les ingénieurs civils. Quant aux conducteurs, nous allons vous exposer les résolutions du Comité.

Résolutions du Comité des travaux publics.

Le projet de décret présenté par le Ministre des travaux publics renferme des dispositions relatives aux conducteurs auxiliaires, aux conducteurs embrigadés, à la création d'un corps de sous-ingénieurs et à un nouveau mode du recrutement du corps des ingénieurs des ponts et chaussées. Votre Comité, après avoir modifié quelques-unes de ces dispositions, a cru devoir profiter de l'occasion qui lui était offerte pour rédiger une loi organique du corps des conducteurs et des sous-ingénieurs.

La Constitution que vous venez de donner à la France a exprimé la volonté que le sort de tous les fonctionnaires publics, que leur nomination et leur avancement fussent réglés par des lois. Le travail que nous avons l'honneur de vous présenter est un des premiers pas faits dans cette voie salutaire, dans laquelle les agents du gouvernement doivent trouver des garanties de justice, et le pays des garanties de bonne administration.

Ce travail, qui ne comprend que la partie inférieure du corps des ponts et chaussées, en appelle nécessairement un autre qui comprendra la partie supérieure. Le sort, la nomination et l'avancement des ingénieurs de tous grades, des inspecteurs divisionnaires et des inspecteurs généraux, ainsi que la constitution du conseil général des ponts et chaussées, ont besoin aussi d'être réglés par une loi sérieusement étudiée.

Depuis le décret constitutif de 1805, il est survenu bien des nécessités qui ont exigé des remaniements fréquents du corps des ponts et chaussées. Toujours faits par simples ordonnances ou arrêtés ministériels, ces remaniements ont introduit dans le corps l'instabilité la plus fâcheuse. Si on en suivait l'historique, on serait convaincu que beaucoup de changements ont eu lieu pour satisfaire à des exigences personnelles plus qu'à des besoins publics. C'est ainsi qu'on en voit quelques-uns se suc-

céder ou se contredire avec une rapidité qui prouve que l'intérêt de l'État n'était d'aucune considération dans la pensée qui les dictait. Nous avons cherché à remédier à cet état de choses, en ce qui concerne les conducteurs, avec l'espoir que le ministre ne tarderait pas à vous soumettre des propositions analogues, pour ce qui regarde le surplus du corps.

Voici les principaux motifs relatifs au détail des résolutions que nous soumettons à votre approbation. Dans l'analyse rapide que nous allons en faire, nous ne toucherons que les points qui nous paraissent avoir besoin d'explications, et ne reviendrons pas sur les considérations générales précédemment exposées à l'appui des mesures et des principes admis par le comité des travaux publics.

Article 1er.

Nous conservons la division actuelle des conducteurs embrigadés en trois classes. Quant aux auxiliaires, nous n'en faisons qu'une seule classe; mais la différence du traitement que le ministre proportionne à leurs services rend possible une classification qu'il suffit à la loi d'autoriser, sans en faire une prescription expresse. La mobilité du corps des conducteurs auxiliaires, dont quelques-uns souvent ne sont pris que temporairement et pour un travail spécial, exige qu'on laisse à l'administration une grande latitude à leur égard.

Art. 2.

Le nombre des conducteurs embrigadés, qui n'était en l'an XII que de 350, est aujourd'hui de 880 et doit être porté à 1,000 d'après l'autorisation implicite donnée par la loi de finances de 1845. Ce chiffre de mille conducteurs serait exagéré dans l'état actuel des travaux publics, mais il peut être considéré comme un maximum pour le temps où la situation de nos finances permettra d'entreprendre les ouvrages que réclame la prospérité du pays. Aussi le comité a pensé que les conducteurs embrigadés ne devaient être portés à ce maximum que lorsque les besoins du service le rendraient nécessaire. Chaque année, il y

aura donc lieu de discuter le nombre des conducteurs ; mais, à l'imitation de ce qui avait été fait par le décret organique de l'an XII, nous avons dû dès aujourd'hui déterminer le maximum prévu afin d'établir la proportionnalité entre les classes.

Art. 4.

Les traitements sont conservés tels qu'ils existent.

Art. 5.

Nous allons toucher une des plaies les plus vives de notre organisation sociale. L'ardeur immodérée des fonctions publiques a répandu dans notre pays une véritable démoralisation. Une partie de la nation veut vivre aux dépens de l'autre. Il n'est presque pas une famille qui n'ait dans son sein un membre revêtu d'un emploi salarié ou aspirant à en obtenir. Ceci n'est pas mauvais d'une manière absolue, quoique ce soit très-onéreux pour l'État ; mais ce qui est déplorable, c'est que tout le monde est convaincu que les fonctions publiques sont principalement accordées par voie de faveur et de recommandation. On croit ne pouvoir les obtenir qu'au moyen de sollicitations pressantes. Voilà où commence la démoralisation. Le solliciteur, qui n'a en vue que le succès, fait bon marché des principes. Celui qui se charge de le recommander, animé aussi par le désir de reussir et de rendre des services qui ne sont pas toujours désintéressés, n'est pas en droit de conserver une parfaite indépendance vis-à-vis du ministère ; le ministère enfin, qui voit qu'il est plus facile de gouverner en répandant des faveurs privées qu'en accomplissant sincèrement des devoirs pénibles, se laisse facilement aller sur cette pente où les services particuliers acquièrent plus d'influence qu'une bonne conduite politique. La société se corrompt ainsi à tous ses degrés. Elle est en outre mal administrée par des fonctionnaires chez lesquels on a flétri le sentiment du devoir.

La Constitution qui a ordonné, dans son art. 11, que les conditions d'admission à tous les emplois publics seraient fixées

par les lois, a donc posé un principe excellent que nous ne devons pas tarder à mettre à exécution dans toutes les branches de l'administration.

Les dispositions que nous vous proposons pour les conducteurs auxiliaires, les conducteurs embrigadés et les sous-ingénieurs sont un des premiers pas faits dans la voie tracée par la Constitution.

Déjà, il est vrai, quelques mesures analogues avaient été ordonnées en 1847 par un des derniers ministres du gouvernement déchu. Depuis cette époque, les conducteurs auxiliaires ne pouvaient plus être nommés qu'en suite d'un examen; mais il n'était posé aucune règle pour le passage du titre de conducteur auxiliaire à celui de conducteur embrigadé, ni pour le passage d'une classe inférieure à une classe supérieure. Il en est de même dans le corps des ingénieurs, où les garanties prises au début cessent complétement d'exister dans les avancements successifs.

Il fallait pourvoir à cette insuffisance. C'est ce que nous avons essayé de faire en vous proposant de soumettre à des conditions sérieuses la nomination et l'avancement des conducteurs, et au concours la nomination des sous-ingénieurs et des ingénieurs. Plus tard, l'avancement des ingénieurs devra être réglé dans le même esprit.

Les candidatures ont été calculées de manière à obtenir tout à la fois l'opinion des autorités locales, et la comparaison entre le mérite des prétendants, quelle que soit leur résidence.

Ainsi, dans le 1er § de l'art. 5, nous vous demandons la constitution d'un conseil local chargé d'examiner les candidats. Dans le 2^{e} §, nous vous demandons l'établissement d'un comité central d'inspecteurs divisionnaires, qui, après avoir recueilli les demandes soumises à l'examen des conseils locaux, les compare entre elles et dresse la liste définitive des candidats, parmi lesquels le ministre est tenu de choisir les fonctionnaires à nommer ou à avancer. Ces précautions sont à peu près les mêmes, mais plus étendues que celles qui sont prises

dans l'état militaire, où elles préviennent beaucoup d'abus.

Art. 9.

La nomination et l'avancement des conducteurs soit auxiliaires, soit embrigadés, sont laissés au ministre, qui est tenu de choisir sur les listes de candidats, ainsi qu'il a été expliqué plus haut. Quant aux sous-ingénieurs, le comité des travaux publics a pensé que leur nomination devait avoir lieu au concours. Ce grade sera, pour le plus grand nombre, le couronnement de leur carrière, et donnera à ceux qui en seront revêtus une position à peu près équivalente, par la nature des fonctions, à celle des ingénieurs. Il est donc naturel d'entourer leur nomination de garanties semblables. On verra plus tard combien le droit nouveau accordé aux conducteurs de devenir ingénieurs est donné avec parcimonie; mais c'est précisément parce que cette porte n'a été qu'entr'ouverte qu'il faut donner plus d'importance aux fonctions de sous-ingénieur. Le concours donnera au titre de sous-ingénieur une valeur qu'il n'aurait pas s'il pouvait être simplement obtenu par le choix ministériel. Il deviendra un objet d'émulation plus vive pour ceux qui l'ambitionneront, et de satisfaction plus grande pour ceux qui l'auront obtenu.

Art. 10.

Le nombre des sous-ingénieurs peut s'élever à 80. Ce chiffre n'est point arbitraire. Il représente à peu près le nombre actuel des conducteurs qui sont appelés à remplir par interim les fonctions d'ingénieur dans les arrondissements. Ce nombre est aujourd'hui de 65, et s'est élevé plus haut. Il faut y ajouter un certain nombre de sous-ingénieurs auxquels seront confiés la direction de grands travaux qui exigent le service de plusieurs conducteurs, qu'on pourra de cette manière placer sous l'autorité d'un chef.

Art. 15.

L'article 15 décide que les dispositions de la loi qui détermine les conditions de la retraite et pension des ingénieurs

ainsi que de la pension alimentaire de leurs veuves, sont applicables aux sous-ingénieurs et à leurs veuves. Les règles seront les mêmes pour la retenue, le calcul des années de service et la liquidation; mais les articles 36 et 39 du titre VIII du décret du 7 fructidor an XII fixent à 2,000 fr. le maximum de la retraite des ingénieurs ordinaires, et à 1,200 fr. le maximum de la pension alimentaire des veuves des ingénieurs de tous grades.

Ce maximum devait subir une réduction pour les sous-ingénieurs et leurs veuves. Nous vous proposons de le fixer à 1,500 fr. pour les uns, et 800 pour les autres.

Art. 16.

Cet article, qui change le mode de recrutement du corps des ingénieurs des ponts et chaussées, contient la disposition principale et caractéristique du projet de loi. Ces ingénieurs, au lieu de continuer à être pris exclusivement à l'École des ponts et chaussées, pourront être choisis parmi les sous-ingénieurs et les conducteurs embrigadés. Les développements dans lesquels nous sommes entrés précédemment justifient suffisamment l'utilité et la justice de cette innovation, qui ne doit être faite néanmoins que sous la triple condition de limiter le nombre, afin de ne pas porter atteinte à l'existence de l'École polytechnique, de réserver aux ingénieurs un droit pour ainsi dire disciplinaire sur l'admission des candidatures, et enfin de soumettre les candidats à des épreuves qui donnent la garantie de leur aptitude. Tel est l'objet des articles 17 et suivants.

Art. 17.

Le nombre des sous-ingénieurs et conducteurs embrigadés qui, chaque année, pourront être nommés ingénieurs, n'excédera pas le sixième des emplois d'ingénieurs à donner.

Cette limitation a fait naître dans le sein du Comité une longue controverse.

Le nombre des emplois d'ingénieur conférés annuellement est, en moyenne, de 24. C'est un maximum de quatre places réservé, tous les ans, aux sous-ingénieurs et conducteurs embrigadés. Si

ceux-ci, dans chaque concours, parvenaient à les obtenir toutes, ils se trouveraient, après vingt ans, au nombre de 80 dans un corps composé de 800 membres environ ; mais, atteints par la loi de la mortalité et par les causes très-diversés de retraite prématurée, ils seront réduits dans cet espace de temps à peu près à 60. Ce nombre est entre le treizième et le quatorzième du nombre total. On doit convenir que, renfermée dans ces limites, l'innovation se présente plutôt comme la consécration d'un principe que comme une satisfaction réelle donnée au corps des conducteurs ; car il ne faut pas perdre de vue que le chiffre du sixième n'est qu'un maximum qui, dans certaines années, peut ne pas être atteint, si les candidats ne remplissent pas les conditions du concours. Aussi la minorité des membres du Comité des travaux publics avait-elle proposé comme maximum le quart au lieu du sixième. Mais la majorité ayant persisté, nous avons dû soumettre à votre approbation l'article 17 tel qu'il est rédigé.

L'article 2 du projet du gouvernement disait que, tous les ans, le quart des sujets nouveaux à admettre dans le corps serait pris parmi les sous-ingénieurs et conducteurs embrigadés. La pensée du gouvernement était plus favorable aux conducteurs que celle du Comité. Le gouvernement proposait de créer tout à la fois un maximum et un minimum, et d'imposer l'obligation de prendre le quart, quelle que fût l'aptitude des candidats. Il pouvait en résulter que, parmi les sujets admis, il s'en trouvât d'incapables, et que les juges du concours, contraints par l'obligation écrite dans la loi, ne fussent forcés d'élever au rang d'ingénieur des hommes reconnus insuffisants pour ces sortes de fonctions. Votre Comité a décidé qu'on ne devait admettre que les candidats ayant satisfait aux conditions du concours. Il s'est donc borné, à la différence du projet du gouvernement, à n'écrire dans la loi qu'un maximum qui pourra ne pas être atteint lorsque le nombre des concurrents capables n'aura pas été égal au nombre des sujets à admettre.

Art. 18.

Le concours est posé comme la règle générale et absolue de la nomination au grade d'ingénieur. Votre Comité s'est efforcé de fermer, autant qu'il l'a pu, la porte à l'arbitraire, à la faveur et aux recommandations.

Art. 19.

Les ingénieurs des ponts et chaussées exercent une action disciplinaire indispensable sur les sous-ingénieurs et les conducteurs, dont ils sont seuls à même d'apprécier la moralité et les habitudes de la vie. Il n'était donc pas possible de les laisser complétement étrangers aux choix de ceux de ces agents qui se présenteront pour obtenir le titre d'ingénieur. Le concours entre les candidats déterminera leur degré relatif d'aptitude scientifique et d'expérience acquise, mais il ne fera pas connaître leurs qualités et leurs défauts sous le point de vue du caractère ou de la conduite. Cette considération ne doit pas être négligée lorsqu'il s'agit de l'entrée dans un corps qui n'est pas moins remarquable par sa haute réputation de moralité que par l'étendue de ses connaissances.

Le Comité a pensé qu'il y avait nécessité de faire dresser la liste des candidats admis au concours par les ingénieurs et les inspecteurs divisionnaires du corps, qui les examineront sommairement, afin d'éloigner sur-le-champ ceux auxquels une ignorance manifeste ne donnerait aucune chance de réussite, et compareront ensuite les titres des autres concurrents, tant sous le rapport de l'accomplissement des devoirs que de la probité et de la régularité de la conduite.

Nous insistons sur la nécessité de cette épreuve préparatoire, qui doit prendre l'homme principalement par son côté moral; ce qui est ici d'autant plus important, que les candidats ne pourront pas avoir moins de trente et un ans, et qu'à cet âge, le caractère fait et les habitudes prises ne permettent pas, en gé-

néral, les résipiscences qu'on a lieu d'espérer d'hommes plus jeunes.

Quel abus peut-on d'ailleurs redouter de l'exercice d'un droit conféré aux hommes les plus élevés du corps, dont la mission se borne à présenter une liste de candidats quadruple du nombre de nominations à faire ?

L'épreuve préparatoire à laquelle nous soumettons les aspirants est à peu près ce qui se pratique dans l'administration des eaux et forêts, où les gardes ont le droit d'arriver aux positions supérieures du corps, en concurrence avec les élèves de l'École de Nancy, après avoir subi des examens.

Art. 22.

Les débats qui se sont élevés à l'occasion de cet article ont donné lieu d'exposer plusieurs considérations que nous devons vous faire connaître.

On ne peut se dissimuler que quelques fonctionnaires du corps des ponts et chaussées ne voient avec déplaisir le projet d'introduire les conducteurs au rang d'ingénieurs. Si on avait constitué ces fonctionnaires juges du concours, les conducteurs n'y auraient pas vu une garantie suffisante d'impartialité, et ils auraient pu craindre que les examinateurs, préoccupés de la pensée qu'un conducteur ne peut pas faire un bon ingénieur, ne suscitassent aux concurrents des difficultés inutiles.

Nous qui considérons le droit nouveau conféré aux conducteurs comme un acte de justice, et qui voulons qu'il soit pratiqué avec l'esprit de libéralité sincère qui nous anime, nous avons dû éviter de conférer le titre de juges du concours à des hommes prévenus peut-être, et qui n'inspireraient pas aux concurrents une confiance absolue.

Les juges doivent donc être choisis, en général, en dehors du corps des ponts et chaussées.

Mais ici se présentait une autre difficulté. Les examens auront-ils lieu devant un jury ou une commission, comme le propose l'article 6 du projet de décret ?

On a dit qu'un jury ou une commission n'était point propre à se rendre un compte exact de la valeur réelle de chacun des candidats ; qu'il n'y avait que le membre qui adresse les questions sur une branche spéciale de connaissances, et qui entre par là en communication intime avec l'examiné, qui pût, par les réponses de celui-ci, se faire un jugement exact de ce qu'il sait et de ce qu'il comprend ; que les autres membres, plus ou moins distraits, ne se rendent pas toujours compte de la portée des questions, ni de l'intelligence de la réponse ; que certaines réponses mal faites témoignaient d'une capacité plus vraie que d'autres réponses prononcées avec une élocution facile, mais superficielle ; qu'à l'imitation de ce qui se fait pour l'École polytechnique, les examens sur chaque partie ne devaient avoir lieu que par un seul examinateur.

Le comité des travaux publics a voulu d'autant moins résoudre cette question, qu'elle embrassait tout à la fois le mode et les conditions du concours, le programme, les juges et le procédé de notation.

Cette matière est du ressort de l'administration, et nous la lui réservons, en indiquant la composition de la commission qui devra préparer le travail.

Cette commission, dont les attributions auront quelque ressemblance avec celles du conseil d'instruction de l'École polytechnique, acquiert de l'importance, parce qu'elle est une garantie de la sincère exécution de la loi dans l'intérêt des conducteurs et dans celui des ingénieurs. Il est donc nécessaire que le législateur en fixe la composition d'une manière générale. Elle sera formée de neuf membres, dont six pris dans des corps officiels, et trois en dehors. Suivant l'intention du Comité, ces trois derniers membres doivent être choisis parmi les ingénieurs civils. Nous ne l'avons pas exprimé, parce que quelques personnes ont pensé que le titre d'ingénieur civil, reçu dans le langage ordinaire, n'avait aucune définition légale ; mais l'intention du Comité a été formellement énoncée, et nous ne devons pas omettre de la faire connaître.

Art. 23 et 24.

Il a été suffisamment expliqué pour que nous ne soyons pas obligés d'y revenir, que les juges du concours ne devaient admettre au grade d'ingénieur que les candidats qui auraient satisfait aux conditions de l'examen. Ils ne peuvent pas prononcer l'admission au-delà de la limite maximum fixée par l'art. 17; mais ils peuvent en prononcer moins ; ils peuvent même n'en pas prononcer du tout, s'ils n'ont rencontré aucun sujet capable. Les sujets admis, quoique recevant leur institution du ministre des travaux publics, ne sont pas, à proprement parler, nommés par lui. Ils puisent leur droit dans le concours dont le ministre est obligé de ratifier le résultat, pourvu que les choses se soient passées régulièrement, et que les conditions de la loi aient été observées, par exemple, pour le temps de services, la candidature, etc.

Art. 26.

Le Comité des travaux publics avait écrit dans le projet de loi un article ainsi conçu : « Les sous-ingénieurs et les conducteurs embrigadés peuvent être suspendus par arrêté ministériel pour un délai qui n'excède pas six mois. Ils ne peuvent être révoqués que sur la proposition du Conseil général des ponts et chaussées, qui statuera après les avoir entendus et avoir pris l'avis du conseil local et du comité des inspecteurs divisionnaires institués par l'art. 5 de la présente loi. »

La pensée qui a constamment animé le comité des travaux publics, et que nous devons recommander à l'attention de l'Assemblée nationale, car dans la réalisation de cette pensée se trouve la réparation d'abus regrettables, a été de donner aux fonctionnaires publics une carrière stable et à l'abri de l'arbitraire. Deux espèces de garanties sont dues aux fonctions publiques, l'une dans l'intérêt de l'État, et l'autre dans l'intérêt des fonctionnaires. Toutes deux concourent au même but, celui d'un meilleur service. Dans l'intérêt de l'État, la nomination et l'a-

vancement doivent être soumis à des règles légales qui constatent l'aptitude, et ne laissent que la moindre part possible à la faveur. Dans l'intérêt des fonctionnaires, le dépôt d'une certaine portion de la puissance publique remis entre leurs mains ne peut leur être enlevé que sous certaines conditions, dont la principale doit être toujours le droit pour l'inculpé d'être entendu et de produire sa défense.

Le Ministre des travaux publics, entendu par le Comité, lui a déclaré qu'il partageait ses sentiments ; mais il lui a fait observer que la disposition dont il s'agit avait le caractère d'une mesure générale qui trouverait mieux sa place dans la loi d'organisation du corps entier des ponts et chaussées, dont tous les fonctionnaires devaient être soumis aux mêmes règles quant à la suspension et à la révocation.

Le Comité a acquiescé aux observations du Ministre ; il a cru néanmoins devoir consigner dans la disposition qu'il vous propose, tout à la fois, la promesse d'une loi d'organisation générale du corps des ponts et chaussées et la nécessité reconnue de donner des garanties aux membres du corps pour la conservation de leur emploi.

PROJETS DE LOI.

Projet du Gouvernement.

TITRE PREMIER.

Modifications apportées au mode de recrutement des ingénieurs des ponts et chaussées.

Article 1er.

A l'avenir, le corps des ingénieurs des ponts et chaussées se recrutera en partie parmi les conducteurs embrigadés des ponts et chaussées et les sous-ingénieurs, dont l'organisation est réglée par le titre II du présent décret.

Art. 2.

Tous les ans, le quart des sujets nouveaux à admettre dans le corps sera pris parmi les sous-ingénieurs et parmi les conducteurs embrigadés.

Les trois autres quarts continueront d'être pris à l'École polytechnique, et de passer par l'École des ponts et chaussées, conformément aux lois et décrets sur la matière.

Projet du Comité.

TITRE PREMIER.

Des conducteurs.

Article 1er.

Les conducteurs des ponts et chaussées sont divisés en quatre classes : trois classes d'embrigadés et une classe d'auxiliaires.

Art. 2.

Le nombre des conducteurs embrigadés peut s'élever à 1,000, classés ainsi qu'il suit :

Première classe. . .	200
Deuxième —	300
Troisième —	500

Art. 3.

Le cadre des conducteurs auxiliaires est mobile et proportionné aux besoins éventuels du service.

Art. 4.

Le traitement des conducteurs est fixé de la manière suivante :

Conducteurs embrigadés de Première classe... 2,000 f.

Projet du Gouvernement.

Art. 3.

L'admission des conducteurs ou sous-ingénieurs dans le corps des ingénieurs a lieu par la voie du concours.

Nul n'est admis à concourir s'il n'a au moins dix ans de services effectifs, à partir de sa nomination au grade de conducteur auxiliaire.

Art. 4.

Chaque année, à l'époque des tournées d'inspection, un conseil local, composé de l'inspecteur divisionnaire, président, et des ingénieurs de tout grade, employés dans chaque département, se réunit au chef-lieu pour examiner et comparer les titres des sous-ingénieurs et conducteurs aspirants au grade d'ingénieur ordinaire.

Procès-verbal est tenu des délibérations du conseil local.

Art. 5.

Les inspecteurs divisionnaires, de retour à Paris, se réunissent en comité, et après communication réciproque des procès-verbaux recueillis dans leur tournée, ils arrêtent, à la ma-

Projet du Comité.

Deuxième classe,	1,800
Troisième —	1,600
Conducteurs auxiliaires, au minimum,	1,000
au maximum,	1,400

Art. 5.

Les conducteurs auxiliaires sont nommés par le ministre des travaux publics, sur une liste de candidats présentée dans la forme suivante.

Chaque année, un conseil local composé de l'inspecteur divisionnaire, président, d'un ingénieur en chef et d'un ingénieur ordinaire, ces deux derniers désignés par le ministre parmi les ingénieurs employés dans chaque département, se réunit au chef-lieu pour examiner les aspirants et comparer leurs titres.

Les inspecteurs divisionnaires, de retour à Paris, se réunissent en comité sous la présidence d'un inspecteur général, et arrêtent, à la majorité des voix, la liste définitive des candidats.

Les conditions de l'examen et le mode à suivre pour le classement des candidats sont réglés par le ministre, sur l'avis

Projet du Gouvernement.

jorité des voix, la liste définitive des candidats admis au concours de l'année.

Le nombre des candidats sera quadruple du nombre des brevets d'ingénieur réservé pour le corps des conducteurs.

Nul ne pourra être admis à concourir plus de trois fois.

Art 6.

Les examens seront passés à Paris, devant une commission désignée chaque année par le ministre, et composée d'un inspecteur général, président, de deux inspecteurs divisionnaires, de deux ingénieurs en chef, de trois ingénieurs ordinaires de différentes classes, et d'un chef de division de l'administration centrale.

Les candidats appelés à Paris, reçoivent des frais de voyage calculés d'après le tarif en vigueur, et continuent de toucher le traitement intégral de leur emploi.

Art. 7.

Les candidats seront tenus de rédiger :

1° Un projet de route, de canal ou de chemin de fer ;

Projet du Comité.

du conseil général des ponts et chaussées.

Nul ne peut être nommé conducteur auxiliaire s'il n'a vingt et un ans accomplis.

Art. 6.

Les conducteurs embrigadés sont nommés par le ministre des travaux publics, sur une liste de candidats dressée par le comité des inspecteurs divisionnaires, sur l'avis des conseils locaux, dont il est fait mention dans l'article précédent.

Les conducteurs embrigadés de deuxième ou troisième classe sont nommés par le ministre à une classe supérieure, sur une liste de candidats dressée dans la forme ci-dessus.

Art. 7.

Nul ne peut être nommé conducteur embrigadé s'il n'a quatre ans de services effectifs en qualité de conducteur auxiliaire.

Nul conducteur embrigadé ne peut passer dans une classe supérieure qu'après deux ans de service dans la classe inférieure.

Art. 8.

Le traitement des conduc-

Projet du Gouvernement.

2° Un projet de pont fixe ou suspendu;

3° Un projet d'écluse ou de barrage en rivière avec pertuis.

Ces projets doivent être accompagnés de mémoires destinés à justifier, au point de vue de la théorie et de la pratique, les dispositions adoptées. L'un d'eux, au moins, comprendra les dessins des machines ou apparaux nécessaires pour en assurer l'exécution.

Les candidats devront, en outre, traiter par écrit plusieurs questions relatives à l'art de l'ingénieur, et subir un examen oral sur toutes les parties du service. On insistera de préférence sur les questions se rapportant au genre de service dans lequel chaque candidat aura été plus particulièrement employé.

La commission s'assurera, d'ailleurs, que les concurrents possèdent à un degré suffisant toutes les notions immédiatement applicables à la rédaction des projets, ainsi qu'à la solution des questions administratives et contentieuses.

Projet du Comité.

teurs auxiliaires est passible de la retenue au profit de la caisse des retraites, et ces agents peuvent obtenir une pension, conformément aux règles admises pour les conducteurs embrigadés.

Dans le cas, toutefois, où la retenue aura été subie pendant moins de vingt ans, la totalité des services sera comptée pour établir le droit à la pension; mais le temps pendant lequel aura été exercée la retenue entrera seul dans le calcul de la liquidation.

TITRE II.

Des sous-Ingénieurs.

Art. 9.

Les sous-ingénieurs sont nommés au concours.

Nul n'est admis à concourir s'il n'a dix ans de services effectifs, soit comme conducteur auxiliaire, soit comme conducteur embrigadé.

Art. 10.

Le nombre des sous-ingénieurs peut s'élever à 80.

Art. 11.

Ils reçoivent un traitement annuel de 2,200 fr.

Projet du Gouvernement.

L'administration prendra les mesures d'ordre nécessaires pour assurer la sincérité du concours, en isolant les concurrents de toute assistance étrangère pendant le temps consacré à la rédaction des projets et mémoires.

L'examen est public, et les projets sont exposés dans la salle des séances.

Art. 8.

Le classement des candidats examinés est fait d'après le système de notation en usage à l'École polytechnique. Un règlement approuvé par le ministre attribue aux diverses matières du concours des coefficients numériques proportionnés à l'importance relative de chaque genre de connaissance.

Dans le mois qui suit la clôture du concours, le ministre fait délivrer le brevet d'ingénieur ordinaire de troisième classe, jusqu'à concurrence du nombre d'emplois disponibles, aux candidats classés les premiers sur la liste, et dans l'ordre même de ce classement.

Ces nouveaux ingénieurs sont

Projet du Comité.

Art. 12.

Chaque année, un conseil local constitué comme il est dit au 2e § de l'art. 5, examine les aspirants au grade de sous-ingénieur, et compare leurs titres.

Les inspecteurs divisionnaires, de retour à Paris, se réunissent en comité sous la présidence d'un inspecteur général, et arrêtent, à la majorité des voix, la liste des sujets admis au grade de sous-ingénieur. Le nombre des sujets admis ne doit pas dépasser le nombre des emplois disponibles.

A cet effet, le ministre fait connaître au comité le nombre des emplois disponibles.

Les conditions de l'examen et le mode à suivre pour le classement des aspirants qui ont subi l'examen, sont réglés par le ministre, sur l'avis du conseil général des ponts et chaussées.

Art. 13.

Le ministre fait délivrer le brevet de sous-ingénieur aux aspirants déclarés admis, dans l'ordre du classement arrêté par le comité.

Projet du Gouvernement.

portés immédiatement sur les contrôles du corps, à la date de leur promotion, et concourent dès lors pour l'avancement, à l'ancienneté ou au choix, au même titre que les ingénieurs recrutés par la voie de l'école.

Les années de service qu'ils auront faites comme sous-ingénieurs ou comme conducteurs, leur seront comptées pour la retraite.

TITRE II.

Des sous-ingénieurs et des conducteurs.

Art. 9.

Le grade de sous-ingénieur s'obtient de deux manières : par la voie du concours, et par le choix de l'administration, sous les conditions réglées ci-après.

Art. 10.

A l'issue de chaque concours annuel pour l'admission au grade d'ingénieur ordinaire de troisième classe, la commission d'examen peut proposer de conférer le grade de sous-ingéniuer aux concurreuts classés immédiatement à la suite des candidats qui doivent être nom-

Projet du Comité.

Les sous-ingénieurs sont placés sous les ordres des ingénieurs ordinaires, et ont autorité sur les conducteurs. Ils sont chargés des fonctions d'ingénieur ordinaire, par intérim, pendant l'absence du titulaire.

Art. 15.

Les retraites et pensions des sous-ingénieurs, ainsi que les droits de leurs veuves, sont réglés conformément aux dispositions de la loi qui détermine les conditions de la retraite des ingénieurs, et de la pension alimentaire de leurs veuves, sans que, dans aucun cas, le maximum de ces retraites et pensions alimentaires puisse être au-dessus de 1,500 fr. pour les premières, et de 800 fr. pour les secondes.

TITRE III.

Mode de recrutement du corps des ingénieurs des ponts et chaussées.

Art. 16.

Le corps des ingénieurs des ponts et chaussées se recrute parmi les élèves de l'École des ponts et chaussées, ainsi que parmi les sous-ingénieurs et les conducteurs embrigadés.

Projet du Gouvernement.	*Projet du Comité.*
més ingénieurs, et jusqu'à concurrence d'un nombre double de celui de ces candidats.	
Art. 11.	
Peuvent également être nommés sous-ingénieurs, les conducteurs présentés par l'inspecteur de la division et l'ingénieur en chef du service, lorsqu'il compteront vingt années de services effectifs, en qualité de conducteur. Il ne sera pas fait, toutefois, dans cette catégorie, plus de cinq nominations par an.	
Art. 12.	
Les sous-ingénieurs sont placés sous les ordres des ingénieurs ordinaires, et ont autorité sur les conducteurs. Ils sont chargés, de droit, dans chaque arrondissement, des services détachés les plus importants, et des fonctions d'ingénieurs, par intérim, pendant l'absence du titulaire.	
Art. 13.	
Le traitement des sous-ingénieurs sera provisoirement le même que celui des conducteurs embrigadés de première classe.	
Les retraites et pensions des sous-ingénieurs, ainsi que les	
	Art. 17.
	Le nombre des sous-ingénieurs et des conducteurs embrigadés qui pourront chaque année être nommés ingénieurs, n'excédera pas le sixième des sujets nouveaux appelés à cet emploi.
	Art. 18.
	La nomination des sous-ingénieurs ou conducteurs embrigadés à l'emploi d'ingénieur, a lieu par la voie du concours.
	Nul ne sera admis à concourir s'il n'a au moins dix ans de services effectifs dans le corps des ponts et chaussées.
	Le temps passé en qualité de conducteur auxiliaire est compté dans les dix années de services.
	Art. 19.
	Chaque année, un conseil local, constitué comme il est dit au 2e § de l'art. 5, examine sommairement les sous-ingénieurs et conducteurs embrigadés, aspirant au grade d'ingénieur, et compare leurs titres.
	Les inspecteurs divisionnaires, de retour à Paris, se réunissent en comité, sous la présidence d'un inspecteur géné-

Projet du Gouvernement.	*Projet du Comité.*
droits de leurs veuves, seront réglés, conformément aux dispositions du titre VIII du décret organique du 25 août 1804.	ral, et arrêtent, à la majorité des voix, la liste définitive des candidats admis à concourir.
Le maximum de ces retraites ne pourra excéder les deux tiers du traitement moyen des trois dernières années d'activité.	Le nombre des candidats est quadruple du nombre des emplois d'ingénieur qui peuvent être accordés annuellement, suivant l'art. 17, aux sous-ingénieurs et aux conducteurs embrigadés.
Des conducteurs.	A cet effet, le ministre fait connaître au comité le nombre de ces emplois.
Art. 14.	Art. 20.
Les conducteurs des ponts et chaussées sont divisés en trois classes : deux classes d'embrigadés, et une classe d'auxiliaires.	Nul ne peut être appelé à concourir plus de trois fois.
Le cadre des conducteurs embrigadés sera réglé ultérieurement.	Art. 21.
Celui des auxiliaires demeure mobile et proportionné aux besoins éventuels du service.	Les examens sont passés à Paris. Ils sont publics.
Le traitement des conducteurs auxiliaires est passible de la retenue au profit de la caisse des retraites, et ces agents peuvent obtenir une pension, conformément aux règles admises pour les conducteurs embrigadés.	Les candidats admis à concourir reçoivent des frais de voyage, calculés d'après le tarif en vigueur, et continuent de toucher le traitement intégral de leur emploi.
Dans le cas, toutefois où la retenue aura été subie pendant moins de vingt ans, la totalité	Art. 22.
	Le ministre détermine le mode et les conditions du concours, sur la proposition d'une commission spéciale nommée par lui, et composée d'un conseiller d'État, de trois membres du corps des ponts et chaussées

Projet du Gouvernement.

des services sera comptée pour établir le droit à la pension ; mais le temps pendant lequel aura été exercée la retenue entrera seul dans le calcul de la liquidation.

TITRE III.

Dispositions transitoires.

Art. 15.

L'administration est autorisée à appeler immédiatement devant une commission d'examen les vingt conducteurs les plus anciens dans les fonctions d'ingénieur d'arrondissement, et à les faire concourir entre eux.

Ils seront classés par ordre de mérite, d'après les résultats de ce concours; les cinq premiers recevront un brevet d'ingénieur, et les quinze autres, une commission de sous-ingénieur.

Cette dérogation aux règles posées dans les titres Ier et II de la présente loi ne pourra jamais être invoquée comme précédent.

Les autres conducteurs chargés précédemment du service d'un arrondissement, ne pour-

Projet du Comité.

ou des mines, d'un membre du conseil d'instruction de l'École polytechnique, d'un membre de l'Académie des sciences, et de trois autres personnes prises en dehors des désignations ci-dessus.

Art. 23.

Les juges du concours arrêtent, dans la limite déterminée par l'art. 17, la liste par ordre de mérite des sous-ingénieurs et conducteurs embrigadés qui ont satisfait aux conditions du concours.

Art. 24.

Le ministre des travaux publics nomme, suivant l'ordre de classement, et dans la même limite que ci-dessus, les ingénieurs ordinaires de troisième classe, les sous-ingénieurs et conducteurs embrigadés qui sont déclarés avoir satisfait aux conditions du concours.

Ces ingénieurs sont portés immédiatement sur les contrôles du corps à la date de leur promotion, et concourent, pour l'avancement, au même titre que les ingénieurs recrutés par la voie de l'école.

Les années de service comme sous-ingénieurs ou comme con-

Projet du Gouvernement.

ront recevoir d'avancement que d'après les règles précitées.

Art 16.

La nouvelle classification des conducteurs embrigadés et auxiliaires étant subordonnée aux ressources qui pourront être affectées à ce personnel, l'organisation actuelle des conducteurs sera maintenue jusqu'au moment où le nouveau cadre pourra être doté d'un crédit correspondant à ses charges.

Disposition finale.

Art. 17.

Sont abrogées toutes les dispositions de décrets et ordonnances antérieurs en ce qu'elles auraient de contraire à la présente loi.

Projet du Comité.

ducteurs leur sont comptées pour la retraite.

Art. 25.

Le mode de suspension et de révocation des ingénieurs, des sous-ingénieurs ou des conducteurs embrigadés, sera réglé par la loi générale d'organisation du corps des ponts et chaussées.

Dispositions transitoires.

Art. 26.

Pendant cinq ans, à partir de l'année 1849, jusques et y compris l'année 1853, il sera nommé, chaque année, seize sous-ingénieurs, suivant les formes et conditions déterminées par le titre II de la présente loi.

Art. 27.

Les conducteurs embrigadés, actuellement en exercice, conservent leur grade et le traitement qui y est attaché, sans préjudice du droit de suspension et de révocation, qui sera réglé ainsi qu'il est dit ci-dessus.

Disposition finale.

Art. 28.

Sont abrogées les dispositions des lois, décrets et ordonnances antérieurs en ce qu'elles auraient de contraire à la présente loi.

MÉMOIRE N° V.

EXPOSÉ

de la méthode de tracé suivie pour le piquetage de la ligne d'axe des chemins de fer de Paris au Havre et à Dieppe,

Par M. G. GAYRARD, ingénieur civil.

Parmi les nombreuses opérations auxquelles donne lieu l'établissement d'un chemin de fer, celle qui consiste à fixer sur le terrain la ligne d'axe est une des plus délicates et des plus importantes. L'impérieuse nécessité dans laquelle se trouve l'opérateur de piqueter cette ligne avec la précision la plus grande, à travers un terrain accidenté, parfois couvert d'arbres et d'habitations, l'oblige à chercher des procédés de tracé qui lui permettent de surmonter avec le plus de succès les difficultés qu'il rencontre, tout en satisfaisant à la condition de l'exactitude la plus rigoureuse.

Aucune méthode ne se présente avec plus de simplicité et ne s'emploie avec plus de bonheur que celle qui est adoptée presque exclusivement en Angleterre, et qui a été suivie pour le piquetage de la ligne d'axe des chemins de fer de Paris au Havre et à Dieppe.

A ce titre, et pour les applications nombreuses qui peuvent en être faites dans l'établissement des chemins de fer qui restent encore à construire, elle mérite d'être retracée.

Cette méthode, dite des sécantes, repose sur la propriété géométrique suivante :

« Si on partage la circonférence d'un cercle en parties égales, » si l'on prolonge les cordes des arcs ainsi déterminés d'une » quantité égale à ces mêmes cordes, si on joint par des lignes

» droites les extrémités de ces cordes prolongées et les extré-
» mités des diamètres qui passent par les points où ces cordes
» quittent le cercle, les portions de droite interceptées entre les
» extrémités des cordes prolongées et la circonférence du cercle
» sont égales entre elles. »

Le moyen pratique de tracer sur le terrain une courbe ou arc de cercle que l'on conclut de cette propriété se résume ainsi :

Fixez en A et B, points de la courbe distants de c quantité connue, deux jalons A et B ; prolongez la ligne AB de la même quantité c jusqu'en c, et portez à partir du point c dans la direction marquée par l'angle M d'un gabarit la longueur $cC = \varepsilon$. Vous déterminez ainsi le point C, que vous fixez par un jalon, et qui, comme point du cercle, sert avec le point B, en opérant pour les points B et C comme pour les points A et B, à trouver un autre point D du cercle. Les points C et D donnent de la même manière le point E, et en continuant de proche en proche on détermine une série de points équidistants F, G, H, etc. qui appartiennent tous à la même circonférence et déterminent la courbe.

Il est évident d'ailleurs qu'en faisant varier l'élément ε, qui est évidemment fonction du rayon, l'on peut tracer toute courbe dont on connaît préalablement deux points suffisamment rapprochés.

Ce procédé de tracé devient d'une application plus facile encore, si l'on prend pour la longueur des lignes Ab, Bc, Cd, etc., égales entre elles, une quantité que l'on puisse considérer comme infiniment petite par rapport au rayon des courbes que l'on veut tracer, parce qu'alors on a pour l'angle M une valeur constante pour toutes les courbes et pour l'ordonnée ε une expression d'un calcul extrêmement simple.

En effet, l'angle M devient égal à 90°, puisque le point de rencontre des deux lignes AO et bO est à une distance infiniment grande (O étant l'extrémité du diamètre partant du point A, et la valeur de ε est égale à $\frac{c^2}{R}$ (R étant le rayon du cercle),

comme nous le démontrerons après avoir complété l'exposé que nous faisons, en indiquant comment, étant donné le point de départ Y d'une circonférence d'un rayon déterminé, on peut obtenir un second point Z de cette circonférence, qui soit tel que l'arc de cercle que l'on trace soit tangent à la courbe X'Y ou à la droite XY qui précède.

Il suffit pour cela, après avoir jalonné la droite donnée XY ou fixé la tangente XY à la courbe X'Y, de prolonger cette tangente d'une quantité $Yz = c$, de placer le sommet d'une équerre en z de manière que l'un des côtés soit perpendiculaire à Yz, et de porter, suivant cette perpendiculaire, la longueur $zZ = \varepsilon' = {}^1/_2\,\varepsilon$; le point Z est le point cherché.

Y et Z étant connus, on détermine, comme nous l'avons vu plus haut, les points A, B, C, D, etc.

Il suit donc de ce qui précède que la connaissance de l'une des quantités ε ou ε' est l'élément essentiel de la construction des courbes, et que c'est à la recherche de l'une de ces valeurs que l'on doit s'attacher avant de commencer toute opération.

Avant de donner les valeurs de ces quantités en fonction de celles que nous connaissons, nous allons établir la relation qui existe entre elles, et démontrer que $\varepsilon' = {}^1/_2\,\varepsilon$.

Soit la figure 1, dans laquelle XYz est tangente à la courbe YZABCD, etc., et dans laquelle les longueurs zZ, aA, bB, cC, ont été élevées perpendiculairement aux lignes Yz, Za, Ab, Bc, Cd, etc.

Si des points Y et Z, comme centres, on décrit des arcs de cercle avec les rayons égaux Yz, Za, les petits arcs zZ, aA, que l'on obtient ainsi et qui sont compris entre les sécantes prolongées et la courbe, servent de mesure aux angles zYZ, aZA; or ces angles ont pour mesure dans le grand cercle, le premier la ${}^1/_2$ de l'axe ZY, et le deuxième l'arc ZA égal à ZY; donc l'arc $zZ = \frac{1}{2}$ arc aA. Si maintenant nous observons que, dans les données que nous avons établies, les arcs zZ et aA sont sensi-

blement égaux aux cordes zZ et aA, il vient $zZ = \frac{1}{2}\ aA$, ou

$$\varepsilon' = \frac{1}{2}\ \varepsilon.$$

Cela posé, on a facilement la valeur de ε', et par suite celle de ε, en se rappelant que la géométrie donne (fig. 2) :

$$c^2 = \varepsilon' \sqrt{(2R)^2 + c^2} = \varepsilon' (2R) \sqrt{1 + \frac{c^2}{(2R)^2}}$$

d'où l'on conclut $c^2 = \varepsilon' \times 2R$,

en remarquant que $\frac{c^2}{(2R)^2}$ est une quantité infiniment petite et peut disparaître dans la valeur de c.

Les valeurs cherchées de ε' et de ε, sont donc

$$\varepsilon' = \frac{c^2}{2R} \qquad \varepsilon = \frac{c^2}{R}.$$

Comme ces formules ne sont vraies, et par suite ne peuvent être appliquées, qu'autant que la longueur que l'on prend pour c peut être considérée comme une quantité petite par rapport au rayon, il importe de faire cette longueur et de rechercher si le double décamètre ou la chaîne de vingt mètres qu'emploient les ingénieurs se trouve dans les limites de dimension nécessaires pour l'emploi des formules ci-dessus. Or c'est ce qui résulte de la comparaison des valeurs obtenues par la formule exacte $\varepsilon' = \frac{c^2}{\sqrt{(2R)^2 + c^2}}$ et par la formule approchée $\frac{c^2}{2R}$, dans l'hypothèse d'un rayon de 800^m, rayon minimum adopté dans les chemins de fer. La différence que l'on obtient est d'un demi-millimètre environ (exactement .0.000582), et cette quantité, qui mesure l'erreur maximum qu'entraîne l'emploi des formules indiquées, est, comme on le voit, tout à fait négligeable dans la pratique.

Terminons en faisant observer que la méthode que nous venons d'exposer, outre sa simplicité et sa facilité d'application,

présente d'autres avantages qui la recommandent encore aux praticiens, comme de n'exiger pour des tracés qu'il faut faire souvent à travers des terres plantées d'arbres, et des obstacles de toute nature, que quelques centimètres pour la largeur de la ligne d'opération, et de simplifier beaucoup les calculs si nombreux de déblais et de remblais, de cotes rouges, etc., que nécessitent l'étude d'un projet et l'exécution des travaux d'établissement d'un chemin de fer. Le premier de ces avantages ressort de la faible valeur de ε pour les courbes que l'on est appelé à tracer dans les chemins de fer; le deuxième au tracé par points équidistants de 20^m. Ce dernier détail, en donnant de grandes facilités de calculs par l'appréciation des déblais et remblais, économise le temps et réduit considérablement les chances d'erreur; il est à désirer que les ingénieurs de l'État en France s'en préoccupent dans l'étude et la rédaction de leurs projets, à l'instar des ingénieurs civils anglais, qui l'apprécient tellement, qu'ils s'assujettissent à piqueter sur le terrain d'une manière continue, par distances égales, toute la ligne d'axe de leurs travaux, sans même indiquer les points de tangence des courbes autrement que comme points de repère des lignes d'opération.

Si maintenant nous entrons dans l'examen de la pratique des opérations, nous observons que très-fréquemment quand on cherche à raccorder des droites ou des courbes entre elles, il arrive que la courbe de raccordement s'écarte quelque peu de la ligne à laquelle elle doit venir se rattacher tangentiellement. Les probabilités nombreuses que l'on a de ne pas réussir mieux en recommençant le tracé de la courbe, en raison de la presque impossibilité où l'on est de porter avec une exactitude mathématique les valeurs de ε sur le terrain, et ce, quelque soin et quelque attention que l'on y porte, amènent tout naturellement à rechercher si, à l'aide de la courbe tracée, on ne peut pas en construire une autre qui satisfasse aux conditions obligées.

C'est en comparant les différences que l'on observe entre les ordonnées de la courbe primitive et celles de la courbe définitive, à chacun des points correspondants de ces deux courbes, que l'on trouvera la loi que suivent les quantités dont il faut diminuer ou augmenter les ordonnées primitives de chaque point de la première courbe pour déterminer les points de la courbe de raccordement. Cette investigation (note 1) donne pour résultat la formule

$$T_n = \frac{n^2}{2}(e - e'),$$

dans laquelle T_n représente la quantité dont il faut faire varier le n^e piquet, n le nombre de chaînes dont le point considéré est éloigné du point de départ, e l'ordonnée à la sécante de la courbe primitive, et e' l'ordonnée à la sécante de la courbe définitive.

A l'aide de cette formule, on passe facilement d'une courbe à une autre quand l'écartement des deux courbes, mesuré à leurs extrémités, est faible.

Supposons, en effet, une courbe de 25 chaînes de développement qui s'écarte à son extrémité de 0.63 de la ligne à laquelle elle doit se raccorder tangentiellement. La formule $T_n = \frac{n^2}{2}(e - e')$, dans laquelle on fait $T_n = 0.63$, et $n = 25$, donne 0.0056 pour la valeur de $e - e'$. On en conclura les valeurs de T_1, T_2, T_3, T_{n-1}, en donnant successivement à n dans la formule $T_n = \frac{n^2}{2}(e - e')$, les valeurs 1, 2, 3, 4... $n-1$, ce qui revient à multiplier $\frac{0.0056}{2}$ par la série des carrés de la suite naturelle des nombres, 1, 2, 3.... $n-1$.

Ce moyen aussi facile que prompt de passer d'une courbe à une autre peut servir encore très-utilement à restreindre les tâtonnements que l'on est conduit à faire dans les premières opérations de tracé des courbes sur le terrain, pour satisfaire à

certaines conditions que l'examen des lieux impose à l'ingénieur.

En effet, si l'on s'aperçoit qu'une première courbe s'écarterait trop d'un point que l'on s'est donné comme point de passage obligé, suivant qu'elle tombe trop haut ou trop bas, on diminue ou on augmente l'ordonnée, à diverses reprises, s'il y a lieu, jusqu'à ce que l'on obtienne la courbe qui satisfait à la condition que l'on s'est imposée. On détermine alors le rayon de cette courbe au moyen du rayon de la courbe primitive, et des différences $e - e'$, que l'on a obtenues pour le passage d'une courbe à une autre. L'ordonnée e' de la seconde courbe s'obtient par la formule $e - e' = \frac{2\,T_n}{n^2}$, et le rayon R' par la formule $e' = \frac{c^2}{R'}$; e, n, et T_n étant connus. On obtiendrait de la même manière la valeur de e'', et par suite de R'', d'une troisième courbe, s'il y a lieu, et ainsi de suite.

Il est bon d'observer que le chaînage ou la distance des piquets entre eux n'est pas sensiblement modifiée dans le passage d'une courbe à une autre, lorsque l'écartement que l'on mesure à leurs extrémités est inférieur à 1.00 par exemple. C'est ce que l'on peut apprécier exactement au moyen des expressions

$$\left\{\frac{1}{3}(n-1)^3+\frac{1}{2}(n-1)^2+\frac{1}{6}(n-1)\right\}\frac{e-e'}{2}\times\frac{e}{c},$$

et

$$\left\{\frac{1}{3}\quad n^3\quad+\frac{1}{2}\quad n^2\quad+\frac{1}{6}\quad n\quad\right\}\frac{e-e}{2}\times\frac{e}{c},$$

entre lesquelles se trouve comprise la différence de longueur des deux courbes (note 2) pour un développement de n piquets.

Le tableau suivant comprend toutes les valeurs de e pour une valeur de e égale à une chaîne de 20^m, et pour des rayons

compris entre 800 et 10.000 ; de 800 à 2000, les rayons successifs varient de 50m, de 2000 à 3000, de 100.

RAYONS.	VALEUR $e = \frac{c^2}{r}$	RAYONS.	VALEUR $e = \frac{c^2}{r}$
800	0.500	1850	0.216
850	0.470	1900	0.210
900	0.444	1950	0.205
950	0.420	2000	0.200
1000	0.400	2100	0.190
1050	0.381	2200	0.182
1100	0.364	2300	0.174
1150	0.347	2400	0.167
1200	0.333	2500	0.160
1250	0.320	2600	0.154
1300	0.308	2700	0.150
1350	0.300	2800	0.143
1400	0.286	2900	0.138
1450	0.276	3000	0.133
1500	0.266	4000	0.100
1550	0.258	5000	0.080
1600	0.250	6000	0.066
1650	0.242	7000	0.057
1700	0.235	8000	0.050
1750	0.229	9000	0.044
1800	0.222	10000	0.040

NOTE 1.

Soit C la courbe qui a été tracée du point T_0, et qui devrait être tangente en H' à la ligne H'K ; soit C' une courbe partant du même point et tangente à H'K ; soit T_n le point de la courbe C où la tangente à cette courbe est parallèle à H'K (fig. 3).

Nous admettrons, ce qui est sensiblement vrai (note 2), que les deux courbes C et C' s'arrêtant l'une en H, l'autre en H', soient de la même longueur, HH' ou T_n étant au plus égal à $1^m,0$ pour un développement de 500 mètres.

Le problème qu'il s'agit de résoudre, c'est de déterminer les valeurs des quantités $T_1\ T_2,\ T_3\ T_4 - T_{n-1}\ T_n$, dont il faut augmenter ou diminuer les ordonnées des points 1, 2, 3... $(n-1)$, n de la courbe C pour avoir les points correspondants de la courbe C'.

L'étude attentive des relations qui existent entre les diverses parties des lignes de construction des courbes nous permettra de les calculer.

Soit e l'ordonnée calculée de la courbe C, soit e' celle de la courbe C' : e' n'est pas connue.

On a d'abord $$T_1 = \frac{e - e'}{2},$$

en admettant qu'il faille ici tracer une courbe extérieure à la première.

Quant à T_2, on obtient sa valeur en observant que l'on peut supposer sans erreur sensible KK' parallèle à $T'h$, ce qui par la similitude des triangles donne $KK' = 2\,T'h' = 2\,T_1$ (fig. 4);

mais on a d'ailleurs $T''K' = T''K + KK'$

et $T''K' = T''t'' + t''K'$,

donc $T''K + KK' = T''t'' + t''K'$,

ce qui donne en remplaçant $T''K$, KK', $T''t''$, $t''K'$ par leur valeur ou appellation algébrique,

$$e + 2T_1 = T_2 + e'$$

et
$$T_2 = e - e' + 2T_1.$$

Pour obtenir T_3 nous observerons que

$$T''l' = T''l + ll'$$

$$T''l' = T''t'' + t''l',$$

donc
$$T''l + ll' = T''t'' + t''l' \qquad (a)$$

Mais en admettant le parallélisme de trois ordonnées consécutives, on a, en menant T_1L parallèle à $h'l'$,

$$ll' = lL + Ll' = lL + T_1h'$$
$$= 2(T''t'' - T_1h') + T_1h'$$
$$= 2(T_2 - T_1) + T_1$$

donc, en remplaçant $T''l$, ll', $T''t''$ et $t''l$ par leurs valeurs dans la formule (a), on a

$$e + 2(T_2 - T_1) + T_1 = T_3 + e'$$

et
$$T_3 = e - e' + 2(T_2 - T_1) + T_1.$$

On aurait de la même manière :

$$T_4 = e - e' + 2(T_3 - T_2) + T_2$$
$$T_5 = e - e' + 2(T_4 - T_3) + T_3$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$T_n = e - e' + 2(T_{n-1} - T_{n-2}) + T_n$$

ou plus simplement

$$T_n = e - e' + 2T_{n-1} - T_{n-}.$$

Cette expression, que l'on peut prendre pour formule générale de T_1, T_2, T_3 $T_4 - T_{n-1}$, peut se mettre sous une autre forme qui fera ressortir qu'elle est fonction seulement de T_1 et de n.

Il suffit pour cela de remplacer successivement dans les valeurs de T_n, T_{n-1}, T_{n-2}.... etc., T_{n-1}, T_{n-2}, T_{n-3}..... par leurs valeurs.

Il vient ainsi pour T_n par la substitution de la valeur de T_{n-1} dans son expression générale :

$$T_n = e - e' + 2(T_1 + 2T_{n-2} - T_{n-3}) - T_{n-2}$$

$$= \begin{array}{r|l} 1 & (e-e') + 4 \\ +2 & \quad -l \end{array} \Big| \; T_{n-2} - 2T_{n-3}$$

$$= \begin{array}{r|l} 1 & (e-e') + 3T_{n-2} - 2T_{n-3}, \\ +2 & \end{array}$$

expression qui, en remplaçant T_{n-2} par sa valeur, devient elle-même

$$T_n = \begin{array}{r|l} 1 & (e-e') + 3(T_1 + 2T_{n-3} - T_{n-4}) - 2T_{n-3} \\ +2 & \end{array}$$

$$= \begin{array}{r|l} 1 & (e-e') + 6 \\ +2 & \\ +3 & \quad -2 \end{array} \Big| \; T_{n-3} - 3T_{n-4}$$

$$= \begin{array}{r|l} 1 & (e-e') + 4T_{n-3} - 3T_{n-4}. \\ +2 & \\ +3 & \end{array}$$

En poussant plus loin la transformation de la valeur de T_n, il vient

$$T_n = \begin{array}{r|l} 1 & (e-e') + 5T_{n-4} - 4T_{n-5} \\ +2 & \\ +3 & \\ +4 & \end{array}$$

$$T_n = \begin{array}{r|l} 1 & (e-e') + 6T_{n-5} - 5T_{n-6} \\ +2 & \\ +3 & \\ +4 & \\ +5 & \end{array}$$

. . . . . .

. . . . . .

$$\begin{array}{rl|l} T_n = & 1 & e-e'+nT_1 \\ & +2 & \\ & +3 & \\ & +4 & \\ & +5 & \\ & \cdots\cdots & \\ & \cdots\cdots & \\ & +n-1 & \end{array}$$

ou

$$T_n = (1+2+3+4+5\ldots\ldots+(n-1)+n)\,e-e'+nT_1,$$

expression qui, en remplaçant T_1 par sa valeur $\frac{e-e'}{2}$, et la somme $1+2+3+4+5\ldots\ldots+(n-1)$ par sa valeur $\frac{(n-1)n}{2}$, devient

$$T_n = \frac{(n-1)n}{2}(e-e') + n\left(\frac{e-e'}{2}\right),$$

ou plus simplement encore

$$T_n = \frac{n^2}{2}(e-e'),$$

formule cherchée.

NOTE 2.

On peut aisément se rendre compte de la différence de longueur qui existe entre une première courbe tracée et une seconde courbe qui aurait été construite, en reportant la première point par point.

Soient AB, et *ab* des portions correspondantes de ces deux courbes, A ayant servi à déterminer *a*, B à déterminer *b* (fig. 5).

Nous admettons que les arcs interceptés entre *a*A et *b*B sont parallèles, et que les longueurs des cordes et des arcs sont dans le même rapport, c'est-à-dire que l'on a

$$\text{arc AB} \;.\; \text{arc } ab \;:\; \text{corde AB} \;.\; \text{corde } ab$$

ou $$\text{arc AB} - \text{arc } ab = \text{corde AB} - \text{corde } ab.$$

La différence cherchée s'obtiendra en menant une parallèle BB' à A*a*. C'est cette quantité B'*b* = *d* qu'il s'agit de déterminer.

Nous observerons pour cela que, pour le cas de cordes aussi petites que celles que l'on prend, c'est-à-dire de cordes de 20^m pour des rayons aussi grands que ceux que l'on adopte, le rayon *b*O, qui est perpendiculaire à l'arc *ab*, peut être considéré comme perpendiculaire à la corde *ab*, et le triangle *b*B'B par suite comme rectangle en *b*. Donc

$$d = \text{B}'b = b\text{B} \text{ tang } \text{B}'\text{B}b = b\text{B} \text{ tang BOA},$$

mais l'angle BOA = l'angle des sécantes MAB, et le triangle MAB rectangle en M donne

$$\text{MB} = \text{AB} \text{ tang MAB},$$

donc $$\text{tang MAB} = \frac{\text{MB}}{\text{AB}} = \text{tang BOA} = \text{tang B}'\text{B}b,$$

donc $$d = \text{B}b \times \frac{\text{MB}}{\text{AB}},$$

donc, en remplaçant Bb, MB, AB, par leurs valeurs T_n, e, c, on a

$$d = T_n \frac{e}{c},$$

c'est-à-dire que la différence de longueur des arcs compris entre deux piquets consécutifs correspondants est égale à la valeur de l'altération correspondante, multipliée par le rapport de l'ordonnée de construction de la courbe primitive à la corde de l'arc.

Pour le premier arc la différence est $T_1 \times \frac{e}{c}$,

Celle du deuxième arc est de $T_2 \times \frac{e}{c}$,

et pour l'ensemble des deux arcs de $(T_1 + T_2) \frac{e}{c}$.

L'ensemble des arcs qui composent la deuxième courbe présente donc sur l'ensemble des arcs qui composent la deuxième courbe une différence

$$D = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + \ldots\ldots T_n) \frac{e}{c},$$

qui, en remplaçant T_1, T_2, T_3..... T_n par leur valeur, devient

$$D = (1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 \ldots\ldots 4^2) \frac{e - e'}{2} \times \frac{e}{c},$$

ou plus simplement,

$$D = \left\{ \frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n \right\} \frac{e - e'}{2} \times \frac{e}{c}.$$

Si, au lieu de mener BB' parallèle à DA, on avait mené AA' parallèle à Bb, on aurait eu

$$D' = \left\{ \frac{1}{3}(n-1)^3 + \frac{1}{2}(n-1)^2 + \frac{1}{6}(n-1) \right\} \frac{e - e'}{2} \times \frac{e}{c}.$$

Et en observant que les deux courbes ne sont pas parallèles,

on reconnaît que la valeur exacte de la différence de longueur des deux arcs est comprise entre les deux quantités D' et D, et que $\frac{D + D'}{2}$ est la valeur la plus approchée.

MÉMOIRE N° VI.

BATARDEAU PORTATIF

Employé surtout dans la construction des phares et des autres ouvrages en mer.

Par THOMAS STEVENSON, Ingénieur civil à Édimbourg.

Quand, dans les travaux maritimes, on a besoin de faire des fouilles dans des endroits exposés à l'action de la haute mer, on ne peut employer les batardeaux ordinaires; ils ne pouraient résister à plusieurs marées. Les vagues soulevées par le vent, ou les détruiscnt complétement en quelques heures, ou leur font des voies d'eau qui les mettent bientôt hors de service.

Les batardeaux que l'on emploie habituellement sont d'une construction très-simple : ils ne doivent résister qu'à une ou deux marées. Ils consistent en une série de pieux qu'on place entre deux moises, et qu'on enfonce au fur et à mesure que la fouille s'approfondit.

On ne peut appliquer ce système dans bien des circonstances, à cause de la presque impossibilité où l'on est d'enfoncer bien droit des pieux que dirigent seulement deux moises. En supposant même qu'on pût le faire, comme le déblai se fait dans l'intérieur du batardeau, et comme les pieux ne sont maintenus que par les moises, leurs pieds s'inclinent bien vite à l'intérieur, et empêchent de continuer la fouille.

Dans le port d'Hynish (comté d'Argile), en 1843, j'avais à fonder un mur incliné sur une couche de sable recouvrant un banc solide à une profondeur de $0^m,60$ à $0^m,90$. Dans quelques endroits, non-seulement il fallait mettre le banc solide à nu,

mais encore il fallait le creuser sur une largeur de 6 mètres et sur quelques points à une profondeur de 2m,40 pour ouvrir un chenal navigable. De plus, il y avait à faire un petit bassin à flot. Tous ces travaux devaient être fondés au niveau des plus basses eaux.

Après plusieurs essais infructueux, j'ai employé un batardeau qui, pendant l'été, a très-bien supporté de très-gros ressacs.

Pour les fondations du mur incliné, il fallait employer un système qui permit de poser les pierres de la fondation aussi profondément que possible. Mais pour cela il n'était pas nécessaire que le batardeau fût complétement étanche; il suffisait qu'on empêchât la rentrée des sables extérieurs à mesure qu'on enlevait ceux de l'intérieur du batardeau. Pour le creusement du roc, il fallait que le batardeau fût étanche, et qu'il permit l'enlèvement des blocs détachés.

Ces deux séries d'opérations exigeaient l'emploi de palplanches qui, devant circonscrire l'espace dans lequel on devait travailler, pussent se prêter aux accidents du fond. Ces palplanches devaient de plus trouver d'autres points d'appui que le sol dans lequel on les enfoncerait.

Dans le croquis ci-joint, qui donne une idée de ce batardeau, A, G représentent deux châssis en charpente, dont l'écartement est maintenu aux angles par des pièces verticales I,I, et qui sont reliés entre eux par de grands boulons L, fixés par des clavettes et munis de rondelles.

E, F, sont deux châssis pareils, de dimension plus petite, intérieurs aux deux autres, et munis comme les premiers de pièces verticales D aux angles et de boulons K.

Ces châssis une fois fixés dans la position convenable, on enfoncait les palplanches C entre deux rangs de doubles moises au moyen de lourdes masses.

Le bâtardeau avait dans œuvre 3m,60 de long sur 3 mètres de large, de telle sorte que cinq hommes pouvaient travailler aisément dans l'intérieur.

Pour mettre les deux châssis inférieurs au niveau des basses

eaux, il fallait les immerger, et, une fois mis dans la position voulue, les amarrer ensemble et les fixer au sol, en enfonçant un pieu à chacun des angles. On chassait ensuite d'autres pieux entre les deux châssis supérieurs. Ceux-ci étaient ainsi maintenus dans leur direction par les deux châssis supérieurs et les deux châssis inférieurs. On garnissait enfin avec des palplanches les espaces qui restent entre les pieux.

On plaça ensuite quatre cloisons en fer J, à une distance convenable en dehors des châssis en bois, et on glissa extérieurement, le long de ces cloisons, des planches taillées en biseau, pour maintenir leur pied. Puis entre cette cloison et l'enceinte de pieux, on dama de la glaise, dans laquelle on avait mélangé un peu de gravier pour lui donner plus de corps.

On fixa un mât N, et on enleva l'eau au moyen d'un coffret en fer manœuvré, comme on le voit dans le croquis. Ce coffret était d'abord destiné uniquement à l'enlèvement des matériaux détachés dans le fond de la fouille; mais comme on ne put mettre la fouille à sec au moyen d'une pompe, M. William Dowine, qui dirigeait les travaux, l'employa au lieu de la pompe. Ce moyen donna des résultats beaucoup plus satisfaisants que celui des pompes. Il était surtout beaucoup plus expéditif, car la capacité du coffret était de 0^m, 147, et on le vidait en moyenne neuf fois par minute.

Au fur et à mesure que la fouille s'approfondissait, on enfonçait les pieux de l'enceinte de temps en temps.

Quand la marée montante venait à affleurer la tête des pieux ou le sommet de la glaise, si les têtes des pieux étaient au-dessus, les ouvriers, avant de quitter leur ouvrage, formaient avec des madriers un plancher ou pont comme ils l'appelaient, dans l'intérieur du bâtardeau, en faisant reposer les extrémités des madriers sur le dessus des moises intérieures. Sur ce pont, on déposait du sable mêlé de pierres d'une grosseur convenable, pour empêcher tout le système de flotter. La quantité de sable déposé variait avec la hauteur de la marée et en prévision des circonstances atmosphériques.

Lorsque la fouille était terminée à une place, et avant qu'on enlevât le bâtardeau, on dérasait le roc sous les deux rangées de pieux qui aboutissaient à la fouille voisine; on laissait debout la ligne de pieux mitoyenne entre la fouille faite et celle à faire, et on remplissait la première de sable pour consolider ces pieux. Ce sable fut enlevé plus tard au moyen d'une écluse de chasse après l'achèvement de tout le travail. De cette manière, on tenait le chenal navigable constamment libre.

On enlevait ensuite les châssis et on les replaçait sans difficulté pour la fouille suivante, puisqu'on était dirigé d'une manière sûre par la ligne de pieux laissée debout à l'extrémité de la fouille précédente. On put de la sorte attaquer toutes les parties du banc de roc.

Voici en résumé les avantages que présente ce genre de batardeau :

1° Il ne coûte pas cher;

2° Il se déplace facilement;

3° Il se prête très-bien aux inclinaisons et même à toutes les irrégularités du sol;

4° Il permet l'enlèvement complet de toutes les parties comprises entre les diverses fouilles;

5° Il permet enfin de diriger et de maintenir parfaitement les pieux que l'on doit enfoncer, au moyen de ces deux rangs de doubles châssis.

Quand on devra creuser un banc rocheux, recouvert d'une couche de sable, même mince, il ne faut pas hésiter à employer ce système, qui, loin d'avoir besoin pour se soutenir de supports extérieurs, renferme, au contraire, dans sa propre construction les éléments nécessaires à sa stabilité.

Il possède tous les avantages d'un caisson, et, de plus, se prête aux irrégularités du sol.

Quand les eaux sont trop profondes pour que les châssis inférieurs puissent être fixés au sol, et qu'ils sont forcément maintenus à une certaine hauteur, il sera bon de planchéier le

dehors des châssis entre A et B, ce qui aura pour effet de les relier et de fortifier la charpente du batardeau.

Ce système a rendu de grands services dans les constructions en mer, et peut, avec quelques légères modifications, être employé dans beaucoup de circonstances pour l'établissement des murs de quai, la fondation des piles des ponts, et l'enlèvement des bas-fonds ou autres obstacles dans les lits des rivières.

(Extrait du *Civil Engineer and Architect's Journal.*
Traduit par M. YVERT, ingénieur civil.)

MÉMOIRE N° VII.

EXTRAIT D'UN MÉMOIRE

Inséré dans le n° de septembre 1848

du « Civil Engineer and Architect's Journal, »

ET INTITULÉ :

Notes on Engineering — N° X.
By Homersham Cox, — B. A.

Sur la flexion *dynamique* des fermes des ponts de chemins de fer, (principalement des fermes en fonte).

Nous ne connaissons aucun sujet, parmi ceux qui se rapportent à l'art de l'ingénieur, qui ait été traité avec plus de soin que la théorie de la résistance *statique* d'un solide à la rupture transversale. Les géomètres et les physiciens s'en sont également occupés, et de ce concours de recherches faites à des points de vue différents, est résultée une théorie qui laisse réellement peu de chose à désirer dans la pratique.

Il n'en est pas de même, à beaucoup près, de la résistance *dynamique* des solides, c'est-à-dire de la résistance transversale qu'ils opposent à l'action d'un poids qui se meut avec plus ou moins de rapidité sur leur surface. Ici, la théorie est complétement muette, soit à cause des difficultés presque insurmontables du sujet, lorsqu'on veut le traiter par les méthodes de la mécanique rationnelle, soit parce que l'importance pratique de ces recherches ne date pour ainsi dire que d'hier. Toutefois, les ingénieurs comprennent aujourd'hui la nécessité d'une étude approfondie à cet égard; et l'auteur du mémoire en voit la preuve dans l'institution récente, par le gouvernement anglais, d'une commission formée pour rechercher « si la théorie et l'expérience

» peuvent dès à présent fournir les données nécessaires pour » l'établissement des ponts en fer, destinés à être traversés par » des charges extraordinaires animées d'une grande vitesse. »

Les plus grandes divergences d'opinions existent parmi les ingénieurs, relativement à l'effet dû à cette grande vitesse. Les uns veulent y voir une source de sécurité, en ce sens que le train aurait le temps de traverser le pont avant que celui-ci n'eût fléchi sensiblement. Les autres, au contraire, estiment l'effet d'un poids en mouvement au sextuple, et plus, du même poids en repos. — L'auteur voit avec raison, dans un fait semblable, la preuve de la nécessité de nouvelles études, et il annonce d'avance que ni l'une ni l'autre de ces deux opinions extrêmes n'est dans le vrai.

La méthode générale, suivie par l'auteur, consiste à déterminer la *flexion dynamique*, c'est-à-dire celle que produit la charge en mouvement, par comparaison avec la flexion que produit la même charge au repos, et qu'il appelle par cette raison la *flexion statique*. — Ainsi, la détermination de cette flexion statique, qui entre comme donnée dans ses calculs, dont elle forme la base, cette détermination est la première chose dont il s'occupe.

Il pose d'abord les principes suivants, aujourd'hui acquis à la science :

1° La flexion d'un solide élastique, chargé en son milieu, est proportionnelle à la charge.

2° La même loi a lieu, quelle que soit la forme du solide (rectangulaire, triangulaire, ou en T, droit ou renversé); elle s'applique aussi à la forme ordinaire des rails.

Il établit ensuite une distinction importante entre les effets produits sur le solide, sous la même charge, suivant qu'on applique cette charge par degrés, ou subitement.

Dans le premier cas, chaque addition faite à la charge déjà existante produit pleinement son effet avant qu'une nouvelle addition ait lieu; par conséquent, à chaque phase de l'expérience, le solide est à l'état d'équilibre statique, et la pression

que la charge développe sur lui est précisément *égale* au poids de cette charge.

Dans le second cas, c'est-à-dire lorsqu'on pose d'un seul coup la charge entière sur le solide avant qu'il n'ait éprouvé aucune flexion, les choses ne se passent plus du tout de la même manière. Quel que soit le soin qu'on apporte à poser la charge sur la poutre, sans causer le moindre choc, la flexion est plus grande que dans le premier cas; car, comme elle arrive à son point d'équilibre avec une vitesse acquise, elle le dépasse nécessairement, pour revenir ensuite à ce point d'équilibre par une série d'oscillations dont il occupe le centre; et, en définitive, l'auteur fait voir qu'elle prend, sous l'action subite de la charge entière, une valeur instantanée double de celle qu'elle prenait sous l'*action graduelle* de la même charge.

Passage d'un poids sur le solide, ou poutre soumise à l'expérience.

L'auteur du mémoire établit ensuite que le passage d'un poids sur la poutre, dans le sens de sa longueur, ne peut pas développer une flexion *plus grande* que celle qui correspondrait à la pression de ce poids posé, sans vitesse, sur le milieu de la poutre; — en d'autres termes, qu'il ne peut pas développer une flexion qui soit *supérieure* au double de la flexion qui serait due à son *action graduelle*, au double de la flexion *statique*.

Ces diverses propositions sont présentées d'une manière élémentaire, comme résultant immédiatement de l'application du principe si fécond des forces vives. L'auteur fait sentir toute la valeur du résultat auquel il parvient, en remarquant qu'il est indépendant de toute hypothèse sur la nature de la courbe variable affectée par la poutre durant le passage de la charge, et de la nature des vibrations qu'elle éprouve, à la condition toutefois que la charge soit inférieure à celle qui commencerait à altérer l'élasticité de la poutre.

Si le poids-voyageur ne peut jamais produire une flexion *supérieure* au *double* de la flexion statique, en revanche il est des

cas où il ne produit pas même cette flexion double. Car une grande portion du travail, développé par la charge, peut être absorbée par des vibrations latérales de la poutre, ou par quelque phénomène analogue; et toujours ces diverses influences agissent pour diminuer, atténuer l'effet total produit, jamais pour l'augmenter.

Le taux de cette diminution dépend d'ailleurs de la vitesse du poids-voyageur. On conçoit, en effet, que si cette vitesse est très-faible, la flexion tend à se rapprocher beaucoup de la flexion *purement statique*. Si la vitesse est excessive, au contraire, la charge *peut n'avoir pas le temps* de produire cette flexion. Il y a donc une *certaine* vitesse qui répond à une flexion *maximum*.

De l'inertie du solide.

Pour que l'inertie du pont sur lequel passe une charge puisse être une source de sécurité, en empêchant la flexion de se développer entièrement pendant le passage du train, il faut évidemment que sa masse soit beaucoup plus considérable que celle de la charge elle-même. Mais c'est ce qui n'a pas lieu en général. En chargeant le pont d'une épaisse couche de ballast, on réussit bien à le rendre plus rigide et à diminuer ainsi les oscillations latérales, mais on n'influe pas sur la flexion que le pont prend sous l'action d'un fort poids-voyageur.

Après avoir traité le cas d'un poids unique appliqué au milieu de la poutre, l'auteur considère le cas d'une charge uniformément distribuée sur toute sa longueur. Il répète la distinction qu'il a faite plus haut entre la flexion *statique* due à l'action *graduelle*, et celle qui provient de l'action *instantanée* d'une charge uniforme déterminée, et il arrive à la même conclusion que tout à l'heure, savoir :

1° Que la flexion et la pression statiques sont doublées par l'effet de la charge instantanée;

2° Que l'effet de la charge en mouvement, relativement à la flexion, est en général inférieur à celui produit par la charge

instantanée d'un poids mort, et qu'il ne lui est jamais supérieur ;

3° Enfin, que la considération de l'inertie du pont est négligeable. — Il suit de là que le pont prend à peu près la forme qui résulte de la considération pure et simple des forces extérieures qui agissent sur lui. Ainsi, sa courbe de flexion est concave en tous ses points ; aucun de ces points ne s'élève pendant qu'un autre s'abaisse, mais tous s'abaissent et s'élèvent en même temps.

Cela posé, l'auteur recherche, par un calcul très-simple, quelle est l'influence de la force centrifuge qui se développe sur la courbe affectée par le pont, pour augmenter la pression due au poids pur et simple du convoi. Il prouve que cette influence est à très-peu près la même que si la courbure du pont était un arc de cercle passant par le point milieu et par les deux extrémités de la courbe, et il l'exprime par une fraction du poids du convoi égale aux $\frac{2}{3}$ de la flexion du pont (en mètres), divisée par le carré du nombre de secondes qu'un point quelconque du convoi emploie à aller d'un bout à l'autre de la poutre. Ainsi, supposons un convoi animé d'une vitesse de 90 kilomètres à l'heure ; il traversera dans une seconde une travée de 25 mètres. Supposons que cette travée fléchisse de $0^m,10$, sous la charge ; on voit que l'augmentation de pression due à la vitesse du convoi sera :

$$\frac{\frac{2}{3}\times 0^m10}{(1)^2}=\frac{1}{15}$$ du poids de ce convoi.

Et cependant une vitesse de 90 kilomètres à l'heure est presque la limite de ce qu'on atteint dans la pratique...

Les résultats qui précèdent supposent le cas d'une élasticité parfaite, c'est-à-dire d'une élasticité proportionnelle à la compression ou à l'extension.

Mais, en réalité, l'élasticité est moindre que cette loi théorique ne l'indique. — Dans les poutres en fonte, d'une seule pièce et de bonne qualité, la différence est faible, en sorte que la flexion est à peu près proportionnelle à la pression. Mais dans les fermes

composées de plusieurs pièces, réunies par des boulons ou rivets, il n'en est point de même, et la flexion s'accroît dans une proportion bien plus forte que la pression extérieure.

Néanmoins, lorsque la ferme composée est construite de telle façon que la courbure résultant de la flexion soit régulière et sans inflexions brusques, la formule précédente, relative à la pression dynamique de longs convois sur une poutre parfaitement élastique, peut encore être appliquée. En se donnant d'avance une flexion limite suffisamment petite, on se met en garde contre les suites fâcheuses de l'incertitude de la formule. Toutefois, il ne faut pas oublier que la flexion, sous une pression morte donnée, est plus grande que pour une poutre simple; d'où il suit évidemment que la vitesse du convoi a plus d'influence ici pour augmenter cette flexion, parce que la force centrifuge développée est plus grande, en raison même de la courbe plus prononcée que fait naître la charge immobile.

Après avoir énoncé ces résultats, l'auteur rappelle, en finissant, le moyen très-simple qu'on emploie pour annuler la flexion d'une ferme, ou du moins pour annuler l'augmentation de pression sur la ferme, que cette flexion fait naître en développant une certaine force centrifuge. Ce moyen consiste, on le sait, à compenser la flexion prévue par une convexité, égale ou même plus grande, du tablier du pont; en sorte que, dans les grandes vitesses, la force centrifuge, loin d'accroître la pression sur la ferme, peut au contraire la diminuer.

Ainsi, par exemple, en appliquant la formule précédente au cas d'un convoi traversant en une seconde un pont dont la convexité du tablier présente $0^m,30$ de flèche, on trouve que la pression est réduite aux $\frac{3}{4}$ du poids du convoi (1).

(1) L'auteur fait remarquer que ces indications ont été mises à profit dans les magnifiques ponts tubulaires du *Chester and Holyhead Railway*. Il conseille de donner aux fermes une convexité aussi grande que possible, afin qu'un accroissement de vitesse des convois ait pour résultat de diminuer la pression qu'ils exercent sur la ferme, bien loin de l'augmenter.

Résumé et Conclusions.

1. La pression produite sur une poutre parfaitement élastique, par une lourde charge qui passe dessus, avec une vitesse plus ou moins grande, surpasse le poids de cette charge d'une fraction exprimée par les $\frac{2}{3}$ de la flexion observée, divisée par le carré du nombre de secondes qu'un point donné du poids voyageur met à parcourir cette poutre.

2. Dans les fermes composées et imparfaitement élastiques, la fraction ci-dessus est augmentée.

3. L'influence de l'inertie de la poutre sur la flexion qu'elle éprouve, est négligeable.

4. On diminue considérablement la pression exercée sur une ferme en donnant au tablier qui reçoit la ligne des rails, une certaine convexité.

(Extrait du « *Civil Engineer and Architec's Journal,* »
par M. Ch. Callon, ingénieur civil.)

BIBLIOGRAPHIE.

De l'Organisation de l'Industrie.

Application à un projet de société générale des Papeteries françaises, par MM. Ch. Callon *et* C. Laurens, *ingénieurs civils.*

Nous avons à rendre compte du consciencieux ouvrage que MM. Ch. Callon et C. Laurens ont présenté à la Société dans sa séance du 2 novembre 1848.

Au moment où toutes les préoccupations se portent sur la grave question de l'organisation du travail, il était naturel que des esprits sérieux et pratiques s'appliquassent à rechercher les améliorations dont est susceptible l'organisation de l'industrie dans l'état actuel des choses, et il leur appartenait de rechercher, en écartant de dangereuses utopies, si le système d'association pouvait utilement se substituer à la division qui résulte de la concurrence illimitée, et développer, en la centralisant, l'organisation d'une grande industrie.

Notre Société, toujours animée du désir d'adopter les institutions progressives, n'a pas pris, jusqu'à présent, de parti définitif sur cette grave question, ou plutôt elle s'est maintenue dans une ligne d'études expectantes qui lui permettra d'adopter les améliorations quelles qu'elles soient sans parti pris, sans exclusion; il n'appartient pas à un de ses membres de sortir de cette ligne. Entre le patron et l'ouvrier se place naturellement l'ingénieur comme juge impartial et pratique, tenant à l'un par son éducation et par ses connaissances, pouvant les guider tous deux, et tenant à l'autre par son travail de chaque jour. Cette situation lui permet de prendre sa place comme chef naturel des travailleurs.

C'est à ce point de vue équitable et patriotique que paraissent

s'être placés MM. Ch. Callon et C. Laurens dans leur intéressant ouvrage, demandant à l'association les garanties précieuses qu'elle promet à juste titre à tous les intérêts engagés dans le travail industriel, et laissant à la liberté toute son initiative, toute son individualité, toute sa force émulative.

Le système qu'ils ont adopté fait participer tous les intéressés aux avantages généraux du régime social, en conservant à chacun une part des bénéfices qui lui est propre, et qui est la juste récompense de son intelligence, de son activité et des améliorations qu'il a introduites dans la fabrication.

Pour exemple d'application de leur système, ils ont choisi l'industrie de la fabrication du papier, d'abord parce qu'elle est appelée à un grand accroissement dans l'avenir, par la généralisation de l'enseignement, par l'augmentation des livres et des journaux, par la réforme postale; ensuite, parce qu'elle se rattache à un grand nombre d'industries connexes, telles que le ramassage des chiffons, l'imprimerie, la librairie, et qu'ils espèrent que l'association volontaire des fabricants de papiers pourra entraîner celles des industries qui s'y rattachent, soit comme lui fournissant les matières premières, soit comme consommant ses produits.

On le voit, dès le début de leur livre, les auteurs ne parlent que de l'association volontaire, et ne veulent rien d'absolu, rien qui soit une atteinte à la liberté. Si l'État doit intervenir et intervient en effet, ce n'est point à titre de fabricant et de producteur pour subventionner la Société ou s'immiscer dans la gestion de ses affaires....., c'est uniquement pour donner sa sanction aux contrats, veiller à leur exécution, faire en sorte, en un mot, que la richesse de tous ne soit pas détournée au profit de quelques-uns.

Le chapitre premier expose les bases d'association entre les chefs de l'industrie papetière.

Le second traite de l'application des principes d'association entre l'industrie de la fabrication du papier et les industries connexes.

Le troisième chapitre a pour objet l'association du chef d'industrie et des travailleurs qu'il emploie dans son usine.

Le quatrième chapitre traite de l'association des travailleurs entre eux et de l'organisation de la vie à bon marché.

Enfin, un projet de statuts de la Société générale des papeteries françaises, formulé en cent onze articles, termine l'ouvrage.

Notre intention n'est pas ici d'entrer dans de longs développements sur le système exposé avec tant de conscience et de lucidité par MM. Ch. Callon C. Laurens; le mieux que nous puissions faire, c'est de renvoyer à leur livre ceux qui voudront en étudier les détails. — Nous voulons seulement ici en donner l'essence.

Leur plan d'association, comme ils le disent, comporte dans chaque industrie quatre associations distinctes, mais rendues solidaires par le lien étroit de l'intérêt mutuel. Ce sont :

L'association de tous les chefs de la même industrie et l'association de toutes les usines ;

L'association dans certaines limites de l'industrie-souche avec les industries connexes qui s'y rattachent, soit à titre de *fournisseur* des matières premières, soit à titre de *consommateurs* des produits ;

L'association du chef d'industrie et des travailleurs de son usine, réalisée par la participation de ces derniers au bénéfice net de la fabrication ;

Enfin, l'association des travailleurs de l'industrie sociétaire entre eux, reliée elle-même à l'association des chefs d'industrie dans le but d'améliorer leur existence et de créer des pensions de retraite pour les travailleurs et les infirmes.

Ces quatre associations appartiennent à la même Société, que régiraient des statuts promulgués dans la forme d'un acte authentique.

Ce système est complet et ne peut être démembré; une partie seulement serait inexécutable : il faut tout ou rien. Si une association se crée isolément, son succès est compromis par son

isolement même. Ainsi, les ouvriers ne peuvent participer au bénéfice net d'une fabrication, si ce bénéfice est le secret d'un fabricant seul; si toutes les usines et leurs ouvriers sont clair-semés sur la surface du territoire; si un lien ne les réunit pas, et si l'appui et le patronage de l'association des chefs d'industrie ne viennent pas en aide au travailleur. De même l'association papetière pourrait présenter de graves inconvénients pour les industries connexes, si ces dernières ne se formaient pas elles-mêmes en association sur les mêmes principes, et ne se réunissaient pas à l'industrie-souche par tous les points où leurs mutuels intérêts se touchent.

Au moyen de l'association de tous les chefs d'une même industrie, on pourra atteindre deux résultats qui devraient invariablement présider à la production, et qui sont les éléments de l'économie industrielle bien entendue, savoir :

1° La quantité et la qualité des produits fabriqués doivent être en rapport avec les besoins actuellement existants et reconnus, sauf l'excédant nécessaire pour former une réserve déterminée.

2° Les produits fabriqués doivent être obtenus avec le maximum d'économie, ou ce qui revient au même, avec le minimum de forces.

Mais on voit de suite que pour que ce dernier résultat soit obtenu sans nuire à l'intérêt des travailleurs, il faut que ceux-ci soient associés aux chefs d'industrie, afin qu'ils profitent, grâce à leur participation dans les bénéfices, de l'économie obtenue sur la main-d'œuvre elle-même.

Quant à l'économie dans l'achat des matières premières, il est évident qu'on l'atteint à un très-haut degré par l'association. Ainsi pour la houille, par exemple, on pourra l'acheter en masse sur le carreau même de la mine au moment où le transport est le moins cher. Cette proposition n'a pas besoin d'être démontrée.

Avec le système de MM. Ch. Callon et Laurens, on pourra résoudre les deux grands problèmes dont la solution doit oc-

cuper tous les producteurs, ces deux problèmes sont de conserver toujours un rapport convenable entre la consommation et la production, et d'acheter les matières premières le plus économiquement possible.

Un avantage important consiste encore dans la *propagation prompte et sociale des procédés et appareils nouveaux*. La Société papetière pourra constater la valeur manufacturière des procédés nouveaux, et sera nécessairement amenée à acquérir à frais communs les brevets reconnus utiles à l'amélioration de l'industrie papetière et le droit d'en faire usage dans les ateliers de l'association.

Pour la *vente* aussi, que d'avantages ne ressortiront pas de l'association ! *Un dépôt central* et d'autres *dépôts-comptoirs* servant de succursales, recevront sans frais les papiers, et paieront comptant les 65 centièmes de leur valeur, de manière à permettre au fabricant de couvrir largement ses frais journaliers, tels que salaires, achat de matières premières, etc., et à l'affranchir ainsi des exigences d'un banquier.—En supprimant la concurrence pour la vente, on supprimera ces alternatives de hausse et de baisse qui se succèdent sans cause apparente, et qui amènent la ruine du fabricant en ne profitant qu'au spéculateur.

Les bienfaits de l'association sont incontestables, et il suffit d'avoir un instant porté son attention sur cette question pour en être intimement convaincu. Les seules difficultés consistent dans les moyens de réalisation. Les auteurs du livre dont nous parlons en ont cherché la solution dans le paragraphe VII du premier chapitre, dans lequel ils examinent la constitution de l'association entre chefs d'industrie, les détails d'organisation, la formation du fonds social, l'estimation des usines de la société, le prix de revient des produits, le classement des usines associées, la mise en chomage et l'expropriation de quelques-unes d'entre elles, la construction d'usines nouvelles, la question des impôts et assurances, l'éventualité d'une dissolution de la société des chefs d'industrie. Toutes ces difficultés ont été abordées franchement et mûrement examinées.

Les auteurs jettent ensuite un coup d'œil plus général sur la question de l'association de l'industrie papetière avec les industries connexes. Ils montrent que, dès que l'industrie principale sera organisée en société, l'appât des avantages qui apparaîtront évidents aux yeux de tous, détermineront rapidement la formation d'associations en groupes industriels analogues. Mais ils s'empressent d'ajouter, et nous applaudissons à cette idée : « Evidemment, cette association devrait être volontaire, afin » qu'elle eût lieu entre éléments doués d'une affinité naturelle, » et qu'une industrie pleine d'avenir, par exemple, ne se trou- » vât pas liée à une industrie frappée de stérilité.

» Le principe vrai est donc celui-ci : Laisser les groupes in- » dustriels se réunir, s'associer, se fonder eux-mêmes, s'il y a » lieu, selon la loi de leurs affinités naturelles ; — laisser la » solidarité, l'association s'établir entre eux, sans la *décréter* » jamais. »

Après avoir étudié ce principe, ils l'appliquent à l'industrie du ramassage des chiffons, à titre de fournisseur de matières premières, et la librairie à titre de consommateur.

Puis leur attention se porte sur l'association des chefs d'industrie et des travailleurs, et c'est un des objets les plus importants de leur livre. Ils passent en revue tous les avantages, toutes les objections. Ils posent comme prémisses la répartition de la richesse industrielle entre ceux qui ont participé à sa création ; ils reconnaissent les difficultés de l'association complète entre le chef d'industrie et les travailleurs ; ils adoptent la combinaison du salaire fixe avec la participation au bénéfice net, et démontrent, comme nous l'avons dit précédemment, que cette combinaison satisfait au principe du *maximum d'économie* dans la production. Mais cette condition n'implique-t-elle pas l'emploi d'un minimum d'ouvriers ? C'est là un sujet de sérieuses réflexions de leur part. Ils examinent donc ce qui arrivera pendant le temps du chomage forcé, et ils proposent de remédier à cet inconvénient en employant les ouvriers à des travaux agricoles pendant une époque de l'année où l'agricul-

ture manque réellement de bras. Depuis longtemps les économistes se préoccupent de cette grave question de l'émigration de la population agricole, qui déserte les champs pour venir encombrer les villes, et accroître ainsi hors de toute proportion le personnel de toute industrie. Aussi ne pouvons-nous nous défendre de citer, avec MM. Laurens et Callon, un « ARRÊT du » conseil d'Etat du 28 juin 1723, qui ordonne que toutes les » manufactures de toiles et étoffes de fil et de coton qui sont » établies dans les villes, bourgs et lieux de la généralité de » Rouen, autres que la ville et faubourg de Rouen et du bourg » de Darnetal, cesseront tout travail à commencer du 1er juil- » let de chaque année, jusqu'au 15 septembre inclusivement.

» 28 juin 1723.

» Le roi étant informé que le nombre excessif des manufac- » tures qui sont établies dans la généralité de Rouen occupant » à ces ouvrages une partie de ceux qui seraient employés à la » culture des terres et principalement à la récolte, il serait ar- » rivé dès l'année dernière que, par la disette d'ouvriers, la » récolte n'aurait pas été faite dans le temps convenable, et » beaucoup de blé même aurait été germé et perdu sur pied, » et Sa Majesté voulant balancer les avantages que la province » peut retirer de ses manufactures avec le préjudice que la » trop grande quantité pourrait apporter à la culture des terres, » qui est la plus solide et véritable richesse de l'Etat, or- » donne, etc. »

Les auteurs reprochent à cette mesure d'être arbitraire et entachée d'une certaine partialité ; quant à nous, ce qui nous frappe, c'est que dans ce temps-là, quand le souverain était convaincu de l'utilité d'une mesure d'intérêt général, il était plus impérieux que le *souverain* d'aujourd'hui, et qu'il ne se laissait pas arrêter par les considérations de liberté individuelle, qui depuis ont acquis une si grande importance au détriment quelquefois de l'intérêt de la majorité.

En ce qui concerne la question des *salaires*, les auteurs adop-

tent la combinaison du salaire ordinaire avec la participation proportionnelle au bénéfice net ; le même mode est appliqué par eux au chef d'industrie lui-même, auquel des honoraires sont alloués pour les soins de la direction de son usine, et qui prélève sur le bénéfice net une part proportionnelle au montant de ces honoraires, indépendamment de celle qu'il touche comme *capitaliste*.

Les salaires *fixes* et les autres conditions générales de l'engagement des travailleurs sont déterminés à l'amiable entre les parties, au moyen de l'intervention du conseil des prud'hommes. Quant à la *participation aux bénéfices nets*, elle repose sur la base que l'équité indique, savoir : 1° la fraction du bénéfice net allouée à la masse des travailleurs de l'usine est égale à la fraction pour laquelle la main-d'œuvre entre dans le prix de revient total ; 2° la part de chaque travailleur est en raison composée du nombre de journées fournies par lui dans l'année et du prix de sa journée. Des amendes perçues au profit de la caisse des travailleurs sont fixées par le règlement spécial à chaque usine ; l'apprentissage est considéré par les auteurs comme devant être une véritable instruction professionnelle que le maître et les ouvriers donnent à l'apprenti.

Dans l'association des travailleurs entre eux, les auteurs trouvent les avantages suivants : 1° la création d'une *caisse générale de prévoyance et de mutualité des travailleurs de la papeterie*, dont ils règlent l'*emploi des fonds* ; 2° la création d'un *registre permanent d'inscription des travailleurs inoccupés* ; 3° enfin la réalisation de ce grand problème qui doit occuper tous les bons esprits, je veux dire : l'*amélioration des conditions d'existence des travailleurs* ; *l'organisation de la vie à bon marché*.

Enfin, comme nous l'avons dit plus haut, le livre de MM. Callon et Laurens se termine par un « projet de statuts de la Société générale des papeteries françaises, » où l'on reconnaît à chaque page que le système conçu par les auteurs forme un tout complet et pratique, et qu'ils se sont mis en garde contre

l'accusation d'utopistes, qu'on se hâte trop souvent de porter contre ceux qui cherchent le progrès au milieu des difficultés et des ténèbres qui l'obscurcissent. Nous ne pouvons pas dire que tous leurs projets soient immédiatement réalisables ; mais ce qu'il faut reconnaître, c'est qu'un pas a déjà été fait dans cette voie, et que leurs études sont très-propres à en faire faire un nouveau. Nous l'avouons en toute humilité, nous ne sommes pas de ceux qui croient aux progrès rapides; nous croyons que quand on veut aller trop vite dans cette voie, on risque, non pas seulement de ne pas avancer, mais de reculer au-delà du point de départ.

Laissons donc faire au temps.

Ce que nous avons retiré de la lecture de l'Organisation de l'industrie, c'est que MM. Callon et Laurens ont fait à la fois un bon livre et une bonne action.

VICTOR BOIS.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 1. — Mars, avril et mai 1848.)	3
Annexes. — Pièce A. — Lettre à MM. les membres de l'Institut des ingénieurs civils anglais	9
Pièce B. — Lettre au maire de Paris	10
Pièce D. — Lettre du ministre. (Question des ateliers nationaux.)	12
Ordre du jour	13
Pièce F. — Constitution d'un conseil général des travaux publics	15
Pièce G. — Protestation de la Société adressée au ministre de l'agriculture et du commerce	16
Pièce H. — Essai d'un programme pour l'enseignement professionnel	17
Pièce K. — Lettre du bureau du comité des Ingénieurs civils de Marseille	21
Pièce L. — Réponse à MM. les membres du comité des Ingénieurs civils de Marseille	23
Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 2. — Juin, juillet, août et septembre 1848.)	25
Annexes. — Pièce C, etc	
Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils	25
Pièce C. — Arrêté ministériel	31
Pièce M. — Rapport de la Commission chargée d'examiner les changements à apporter dans le mode de recrutement des Ingénieurs des ponts et chaussées	33
Mémoire N° 1. — Notice sur le pont tubulaire de Conway, traduite de l'anglais par M. Yvert	67
Mémoire N° 2. — Système de poutres creuses pour la construction des ponts	73

Pages

Mémoire n° 3. — Système pneumatique pour enfoncer les pilots. (Idem) 77

Mémoire N° 4. — Notice de M. E. Deligny, sur la chute du pont du chemin de fer de Paris à St-Germain à Asnières, incendié le 25 février 1848, et sur le pont provisoire en charpente établi par M. Eugène Flachat, ingénieur en chef des chemins de fer de la rive droite 84

Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils (N° 3. Octobre, novembre et décembre 1848.). 93

Pièce N. — Rapport fait à l'Assemblée nationale, le 17 novembre 1848, au nom du comité des travaux publics, sur le projet de loi relatif à des changements dans l'organisation du corps des conducteurs des ponts et chaussées et dans le mode de recrutement des ingénieurs 101

Projets de loi 139

Mémoire N° 5. — Exposé de la méthode de tracé suivie pour le piquetage de la ligne d'axe des chemins de Paris au Havre et à Dieppe, par M. G. Gayrard, ingénieur civil 149

Mémoire N° 6. — Batardeau portatif employé surtout dans la construction des phares et des autres ouvrages en mer, par M. Thomas Stevenson, ingénieur civil, à Edimbourg 164

Mémoire N° 7. — Extrait d'un mémoire inséré dans le n° de septembre 1848 du *Civil Engineer and Architect's Journal*. 169

Bibliographie. — De l'organisation de l'industrie 176

Table des matières 185

Fig. 1

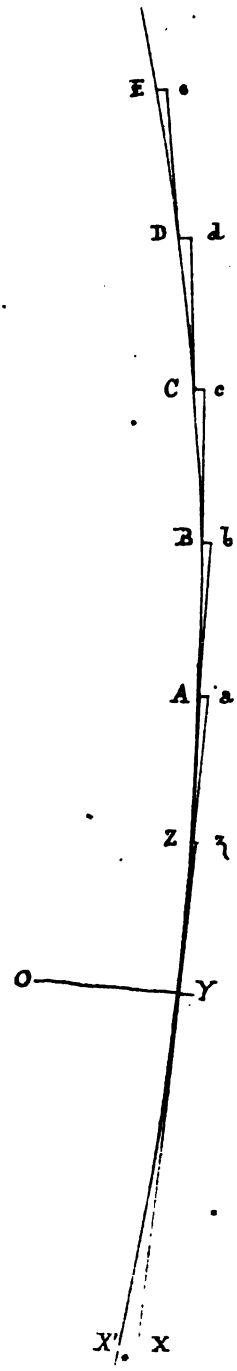


Fig. 2

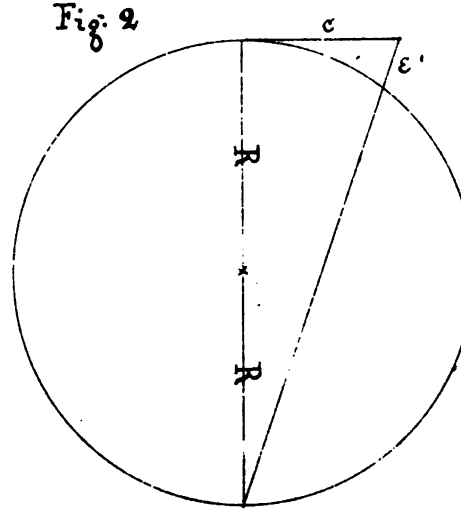
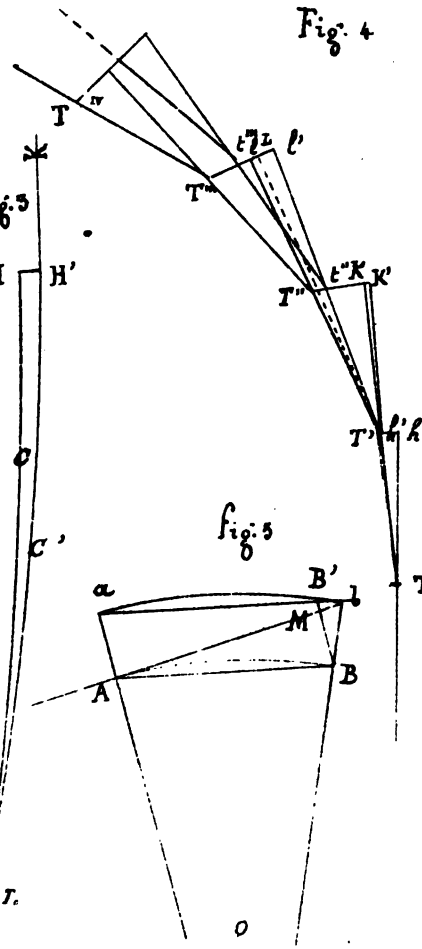
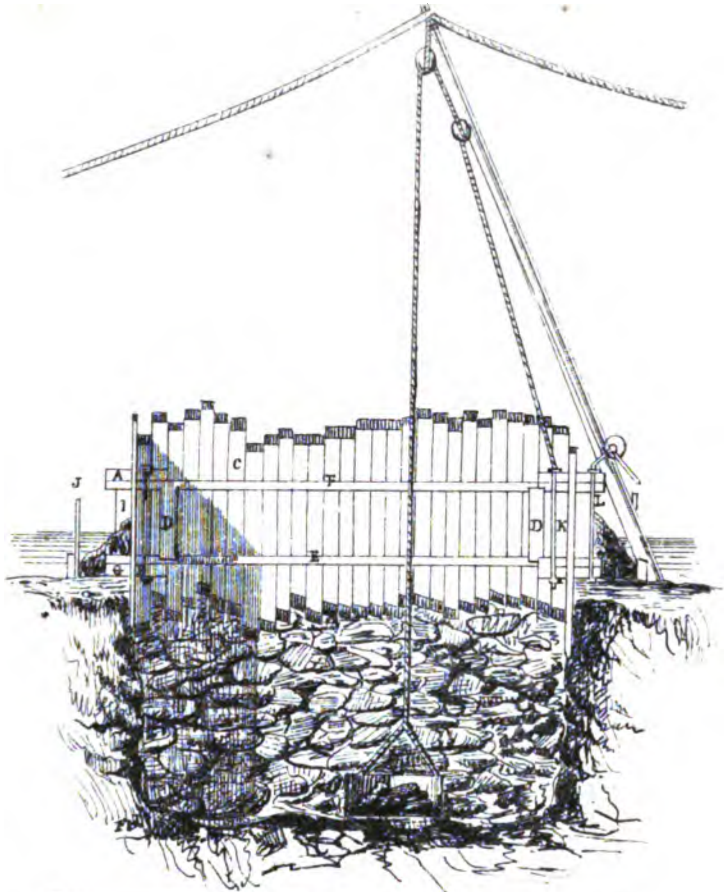
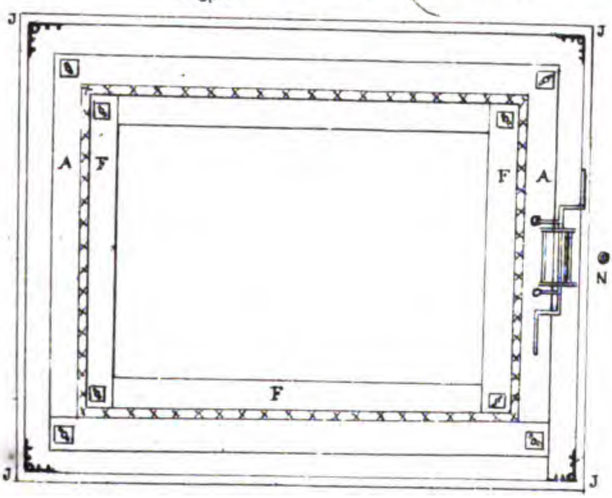


Fig. 4




J
A
C
T
I
D
E
D
K
L


J
J
A
F
F
A
N
F
J
J

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

IMPRIMERIE DE GUIRAUDET ET JOUAUST,
338, RUE SAINT-HONORÉ.

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

ANNÉE 1849

Paris

RUE BUFFAULT, 26

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Janvier, Février et Mars 1849.)

(N° 4.)

Dans le trimestre de janvier, février et mars 1849, qui vient de s'écouler, diverses questions ont été abordées dans le sein de la Société, et ont reçu des solutions dont votre bureau vous doit compte aussi bien que des démarches qui ont été faites pour arrriver à la réalisation des principes qui ont été arrêtés.

Au moment où l'Assemblée nationale et le ministre de l'instruction publique nommaient simultanément deux commissions pour préparer les bases de la loi sur l'enseignement, il était naturel que notre Société se préoccupât de la solution qui pourrait être proposée au pouvoir législatif ou au gouvernement, et cherchât à faire donner, dans l'éducation publique, aux connaissances industrielles la large part à laquelle elles ont droit. Toutefois elle ne crut pas, après une longue discussion, devoir étudier la question au point de vue général de l'enseignement professionnel, et résolut de s'occuper uniquement de rechercher les bases sur lesquelles pouvait reposer l'enseignement spécial de la science de l'ingénieur.

A l'exemple de la commission nommée par l'Assemblée nationale, la seule qui ait, jusqu'ici, fait connaître le résultat de ses délibérations, notre Société a admis la nécessité d'une sanc-

tion officielle pour témoigner de la science acquise, et offrir à la fortune publique comme à la fortune privée les garanties que la santé et les intérêts de chacun trouvent aujourd'hui dans les diplômes que délivrent les facultés de médecine et de droit. Cette sanction émanerait du ministre de l'agriculture et du commerce, assisté d'un jury composé de professeurs de facultés industrielles a établir, de membres de l'Académie des sciences, et des ingénieurs praticiens les plus distingués. Elle s'obtiendrait par des épreuves successives, à la suite desquelles le candidat recevrait des grades correspondants à ceux que donne l'Université.

Les facultés industrielles dont la Société voudrait voir la création enseigneraient, propageraient les sciences et faits pratiques dont la connaissance est nécessaire à celui qui veut poursuivre la carrière de l'ingénieur civil.

En présence d'une solution si simple, répondant à des besoins si réels, si généraux, il y a lieu de s'étonner qu'une semblable mesure n'ait pas été prise en 1838, après que la Chambre des députés eut déclaré, par l'organe de M. Vuitry, alors rapporteur du budget du commerce et des travaux publics, que l'éducation industrielle n'avait pas moins de droits à la sollicitude éclairée du gouvernement que l'éducation libérale.

Comme nous, les membres du Conservatoire des arts et métiers, parfaitement placés pour apprécier la large part que les intérêts matériels, favorisés par l'étude des sciences appliquées, se faisaient dans la Société, avaient aussi reconnu, en 1842, la nécesité d'instituer des épreuves de capacité; toutefois, dominés peut-être par leur position personnelle, ils avaient écarté la pensée d'un enseignement libre et des garanties qui doivent l'accompagner, et s'étaient réservé le droit de désigner au ministre de l'agriculture et du commerce ceux qu'ils auraient reconnus dignes d'obtenir le diplôme d'ingénieur civil des arts et métiers. Ils constituaient ainsi le Conservatoire en faculté privilégiée.

Nous disons avec eux que la nécessité de la création de fa-

cultés industrielles est difficile à révoquer en doute, que les centaines de millions employés de toutes parts aux créations industrielles fournissaient à cet égard une démonstration irrécusable.

Or, « ce développement du côté matériel de l'industrie nationale provoque la constatation officielle d'un développement intellectuel qui leur réponde. Les connaissances scientifiques entrent désormais comme élément indispensable dans » la production des richesses. Le meilleur moyen de donner au » travail une impulsion féconde, c'est d'en améliorer les conditions en élevant le niveau commun de l'intelligence; de cette manière, l'état s'acquittera dignement d'un des devoirs les » plus impérieux qui lui sont imposés, contribuera activement » à l'amélioration du sort des classes laborieuses, objet de sa » constante sollicitude, et asseoira sur une base solide la richesse nationale. Sans doute, c'était faire beaucoup que d'ouvrir des cours destinés à propager des connaissances fécondes en applications usuelles ; mais cela ne saurait suffire, il » faut prouver des résultats obtenus, il faut, pour les carrières » industrielles et agricoles, fournir aux hommes capables les » moyens assurés de se produire.

» Déjà une excellente institution, l'Ecole centrale des arts et » manufactures, a compris ce besoin, et les diplômes d'ingénieurs qu'elle délivre se trouvent acceptés par la confiance » publique. Le gouvernement doit se féliciter d'un pareil résultat obtenu par l'habileté des professeurs et le zèle consciencieux dont ils font preuve; mais il ne saurait méconnaître » que l'état ne doit pas demeurer étranger à ce grand intérêt » public. Qu'il se hâte donc.

» De plus en plus, dans toutes les directions, l'homme voit » un travail intellectuel se substituer à un travail purement » matériel; de plus en plus, la pensée qui dirige s'allie à la force » qui exécute. Partout à l'immobilité séculaire succèdent des » transformations rapides; l'industrie n'est peut-être qu'au dé-

» but de celles que préparent les voies nouvelles de communi-
» cations et les inventions incessamment produites.

» Désormais l'enseignement industriel est inscrit au nombre
» des premiers devoirs de l'état. Il en résulte que l'administra-
» tion publique doit intervenir pour apprécier le degré d'avan-
» cement de ces études, et pour recommander à la confiance
» publique les hommes capables de rendre des services sérieux
» dans les carrières industrielles, agricoles et commerciales. »

Notre bureau a présenté ces observations au ministre de l'agriculture et du commerce, et insisté auprès de lui pour qu'il dotât promptement l'industrie d'une faculté dont on trouve les éléments dans le Conservatoire des arts et métiers, dans l'Ecole des arts et manufactures, et enfin dans les écoles d'Angers et de Châlons. Malheureusement, il n'a pu réussir à lui faire adopter l'idée de donner à la science des ingénieurs civils une sanction officielle dont la privation les rend impuissants à lutter avec les ingénieurs de l'état pour l'exécution des travaux de la plupart des villes et des départements. Le ministre en a non seulement contesté l'utilité, mais encore la convenance, en présence du double fait de l'existence de l'Ecole polytechnique et de la proclamation du principe de la liberté d'enseignement. Peut-être M. le ministre a-t-il perdu de vue qu'il repoussait par là les conclusions du rapport de la commission de l'Assemblée nationale et qu'il méconnaissait la nature de l'industrie, qui, éminemment progressive, ne peut s'accommoder de la routine, ce défaut fatal des corps privilégiés? « N'est-il pas reconnu, en ef-
» fet, que tout corps qui s'administre et se recrute lui-même
» directement tombe, avec le temps, dans l'idolâtrie de lui-
» même, et que, comme on n'arrive aux premières positions
» qu'après toute une vie laborieuse, on y apporte malgré soi
» l'horreur de toute innovation, et une admiration bien natu-
» relle pour une organisation à laquelle on doit honneur et pro-
» fit? »

Votre bureau n'a pas été plus heureux dans la demande qu'il

a faite de l'adjonction de quelques ingénieurs civils dans la commission chargée de l'examen des produits de l'industrie française. Il a fait valoir en vain les considérations qui militaient en faveur de cette mesure, les droits que les ingénieurs civils ont conquis par leur participation active au mouvement et au développement de l'industrie française, et les garanties que leur connaissance des détails et des prix de la fabrication donnerait au pays. Nous devons le dire, votre bureau a été écouté avec une réserve extrême, et s'est retiré avec la conviction que le caractère des appréciations du jury ne serait pas changé, et que son jugement continuerait à être assis plutôt sur les pièces d'exposition qui lui sont présentées que sur la valeur réelle des procédés de fabrication, et l'alliance du bon marché à la supériorité de la qualité.

Le ministre des travaux publics a accueilli plus favorablement la demande que le bureau lui a faite de comprendre quelques membres de la Société dans la commission qui doit préparer le projet de loi sur l'organisation des travaux publics; il a reçu l'assurance formelle, l'engagement que plusieurs ingénieurs civils seraient appelés à prendre part aux délibérations de cette commission.

Indépendamment de ces questions, derrière lesquelles se trouve le droit naturel et imprescriptible de la liberté du travail, la Société s'est occupée successivement de plusieurs questions techniques, au nombre desquelles nous citerons :

1° La stabilité des machines locomotives, et les expériences que M. Lechâtelier a faites à ce sujet avec le concours de MM. Polonceau et Petiet, membres de notre Société;

2° Les observations recueillies en Angleterre, par M. E. Flachat, sur les bateaux à vapeur; sur les constructions des grands ponts du Menai, de Conway, de Newcastle et de Berwick; sur l'exploitation des chemins de fer et sur les conditions nouvelles de leur construction par l'emploi de machines du système Crampton;

3° Enfin un théorème de M. Yvon Villarceaux « relatif au

» travail à développer par une machine soufflante pour lancer,
» à une vitesse donnée, un poids donné d'air, suivant que cet
» air est froid ou chaud. »

L'un des prochains comptes-rendus contiendra la démonstration de ce théorème, ainsi qu'un extrait des observations de M. E. Flachat.

Les mémoires de M. Mathieu sur les ressorts; de M. Volland sur l'emploi des eaux ménagères à la fabrication du gaz d'éclairage; de M. Nozo sur l'entretien des roues montées dans les chemins de fer; et enfin de M. Ch. Guillame sur un pont en fonte établi par MM. Seguin sur le chemin de fer de Montereau à Troyes, ont été également lus et discutés; il seront publiés successivement dans notre bulletin.

Les questions suivantes ont été mises à l'ordre du jour :

1° Comparer la nature des ouvrages, remblais et ponts en pierre, fer, fonte, bois, que les ingénieurs emploient dans les travaux qu'ils ont à exécuter pour établir une ligne de niveau à des hauteurs diverses au dessus du sol, et avec des portées d'une certaine étendue;

2° Fixer par un projet de loi et protéger les droits des inventeurs; concilier le droit de la propriété intellectuelle avec l'utilité publique;

3° Déterminer la limite de l'intervention de l'état dans l'industrie, conformément au programme publié par l'Académie des sciences.

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

De MM. Thomas et Laurens, un mémoire sur les irrigations;

De M. Léon Yvert, un mémoire sur les canaux et souterrains de Worsley;

De MM. Ch. Callon et Fd. Mathias un ouvrage sur la navigation fluviale par la vapeur;

De M. Victor Bois le rapport de M. Jules Simon sur l'organisation du travail en France;

De M. Eug. Flachat, deux atlas comprenant les études com-

plètes des docks projetés pour les ports du Havre et de Marseille;

De M. C.-E. Julien son ouvrage : Traité des machines à vapeur (2e section).

Ces ouvrages, joints à ceux qui avaient été déjà offerts à la Société, forment les premiers éléments d'une bibliothèque, dont votre bureau recommande particulièrement le développement à la libéralité et au dévouement des membres de la Société.

Nous devons encore vous faire savoir que le siége de la Société est définitivement installé rue Bergère, n. 20; que les jours de réunion, bureau constitué, ont été fixés aux 1er et 3e vendredis de chaque mois, et que le lieu de réunion est disposé, tous les vendredis soirs, pour recevoir ceux des membres de la Société qui désirent s'y rendre.

En outre, et conformément à la décision prise dans la séance du 4 janvier, le bureau a choisi un agent dont la présence journalière au siége de la Société, de 3 heures à 5 heures 1/2, permettra à chaque sociétaire de venir consulter les ouvrages, plans, documents et indications de toute nature que la Société possède.

Les Membres du Bureau :

Eugène Flachat, *président.*
Ch. Callon, E. Vuigner, *vice-présidents.*
V. Bois, A. Bellier, G. Gayrard, *secrétaires.*
Priestley, *trésorier.*

Les membres nouvellement admis sont les suivants, savoir :

Au mois de janvier :

MM. Rossire, sur sa demande.
Bordet, présenté par M. A. Bellier.
Gardissal, présenté par M. V. Bois.
Albert Moreau, présenté par M. G. Gayrard.

Au mois de février :

MM. Duval-Piron, présenté par M. Gardissal.
Boudard, présenté par M. Priestley.
H. Ducourd, présenté par M. A. Bellier.
Alby, sur sa demande.

Au mois de mars :

MM. Bousson, présenté par M. Paul Seguin.
Bergeron, idem.
Debauge, idem.
Fournier, idem.
Mignon, présenté par M. Yvert.
Gouin, présenté par M. Eug. Flachat.
Cavé, idem.
Calla, idem.
Lemaitre, idem.
Bourdon, idem.
Crétin, idem.
V. Laurent, présenté par M. V. Bois.
Love, sur sa demande.
G. Baumal, idem.

SOCIÉTÉ CENTRALE
DES INGÉNIEURS CIVILS.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ.

Membres du Bureau.

Président : M. Eugène Flachat ✻, rue de la Ferme-des-Mathurins, 54.

Vice-présidents : MM. Charles Callon, rue des Vosges, 18,
Emile Vuignier ✻, rue de Paradis-Poissonnière, 44.

Secrétaires : MM. Victor Bois, place du Havre, 14.
Gustave Gayrard, rue Saint-Nicolas-d'Antin, 46.
Adolphe Bellier, rue Saint-Honoré, 83.

Trésorier : M. Priestley, rue Pavé-Saint-Antoine, 3.

Membres du Comité.

MM. Grouvelle, rue Racine, 24.
Petiet ✻, place Lafayette, 5.
Edwards ✻, rue Richer, 46.
Léonce Thomas ✻, rue S.-Dominique-S.-Germain, 18.
Nozo, place du Château-Rouge, 2 (Montmartre).
Faure, rue de Grenelle-Saint-Germain, 22.
Laurens, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, 18...
Poloncau ✻, boulevart de l'Hôpital, 2.
Paul Séguin, rue Louis-le-Grand, 3.
Degousée, rue Chabrol, 35.
Yvon Villarceau, rue Cassini, 14.

Membres de la Société,

Aboilard, rue de l'Union-Saint-Honoré, 1.
Albrizio, rue de la Cure, 4 (Montmartre).

Alby, rue de la Paix, 12, aux Batignolles.
Alcan, rue Bergère, 9.
Alquié, rue d'Enghien, 41.
Armengnaud, rue Saint-Sébastien, 19 *quater*.
Arson, rue de Bourgogne, 28.

Bardon, rue Buffon, 28.
Barrault (Alexis), rue de Clichy, 43.
Bayvet, rue Mauconseil, 16.
Baumal (Henri), cité de l'Union, 8.
Beaumont, rue de Calais, 5.
Belval, rue Pavée, 6.
Benard, rue des Vieilles-Haudriettes, 4.
Benoist du Portail, rue Saint-Jacques, 75.
Bergeron, chaussée du Maine (chemin de fer de la rive gauche).
Bertholomey, rue Montorgueil, 76.
Biver, à Biache-Saint-Wast, près Vitry (Pas-de-Calais).
Blacher, rue du Perche, 9.
Blanche, à Puteaux (Seine).
Blard, boulevart Montmartre, 10,
Bonnefoi, boulevart de l'Hôpital, 2 (chemin d'Orléans).
Bonnet, rue de Sèvres, 8.
Bordet, rue du Jardin-des-Plantes, 18.
Borie, boulevart Poissonnière, 24.
Boudard, rue Saint-Denis, 313.
Boudsot, en Egypte.
Bougère, rue Buffault, 6.
Bourcart, à Guebwiller (Haut-Rhin).
Bourdon ✻, au Creusot.
Bourguignon, aux Batignolles.
Bousson, à Roanne.
Boutin, rue Payenne, 4.

Bricogne, rue Ribouté, 1 bis.
Bridel, rue des Petits-Augustins, 3,
Burbau, chemin de fer de Versailles, barrière du Maine.

Caillé, rue Hauteville, 11.
Calla ✻, faubourg-Poissonnière, 100.
Cance, rue Fontaine-au-Roi, 43.
Cavé ✻, faubourg Saint-Denis, 214.
Chabrier, rue Saint-Nicolas-d'Antin, 71.
Chappon, rue de Sèvres, 94.
Chaplin, rue des Marais-Saint-Germain, 19.
Chavès, rue de l'Echiquier, 23.
Chevalier (Emile), rue de la Victoire, 48.
Chevandier, à Cirey (Meurthe).
Chobrzynski, rue Bellefonds, 15.
Clémandot, à Clichy-la-Garenne.
Comte, boulevart de la Madeleine, 15.
Cornet, cité d'Orléans, 5.
Corot, à la Villette (banlieue).
Courtépée, rue des Francs-Bourgeois, 7.
Crétin ✻, rue Saint-Lazare, 124.
Curtel, rue Guy-la-Brosse, 4.

Daguin, rue des Francs-Bourgeois, 10.
Danse, à Stockcholm (Suède), à Bollhusgrand.
Darblay, rue des Vieilles-Etuves, 16.
David, boulevart des Italiens, 25.
Debauge, à Tours.
Degrand, rue Richer, 14.
Delaborie, quai de Béthune, 6.
Deligny, rue d'Amsterdam, 50.
Delom, rue Montholon, 21.
Desmazures, faubourg Poissonnière, 94.
D'Hamelincourt, rue Neuve-Coquenard, 26 bis.

Donnay, rue Chabrol, 38.
D'Régel, à Strasbourg (Haut-Rhin).
Dubois
Dufournel, rue Richelieu, 25.
Dugourd, rue de Verneuil, 46.
Duméry, rue des Petites-Ecuries, 41.
Duolmard, rue des Enfants-Rouges, 10.
Dupuis, à Pont-Audemer (Eure).
Durenne, rue Planche-Mibray, 9 et 11.
Durochea, passage Saulnier, 4 bis.
Dutilleux.
Duval, aux forges du Pimpont-Pléhan (Ille-et-Vilaine).
Duval Piron, rue Saint-Denis, 276.

Eck, rue du Grand-Chantier, 3.
Erhard, rue Saint-Pierre-Montmartre, 7.

Faure de Villat.
Fèvre, rue de Vaugirard, 74.
Flachat (Adolphe), rue d'Amsterdam, 74.
Forquenot, à Tours.
Foucaut.
Fournier, rue Louis-le-Grand, 3.
Frèrejean, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 233.
Fresnaye.

Ganneron, rue Chabrol, 67.
Gardissal, boulevart Saint-Martin, 17.
Garnaud, rue de l'Abbaye, 14.
Gastellier, rue des Filles-du-Calvaire, 18.
Gentilhomme, quai de la Tournelle, 51.
Gerder, rue Saint-Lazare, 43.
Germon, rue Pavée, 24.
Geyler, rue Notre-Dame-de-Lorette, 51.

Gollnisch, au chemin de fer du Nord.
Gouin (Ernest), à Batignolles (banlieue).
Gouvion, rue du Perche, 9.
Grandvoinnet.
Granié, rue Montmartre, 64.
Grenier, route de Paris, 8, à Vincennes.
Guelle, rue Doudeauville, 53, à la Chapelle.
Guénard de la Tour, aux forges de Saucourt, par Joinville (Haute-Marne).
Guérard, rue de Trévise, 12.
Guettier.
Guibal, à l'Ecole des mines, à Mons (Belgique).
Guillaume, rue Colbert, 76, à Tours (Indre-et-Loire).
Guntz, rue de Chaillot, 63.

Henry, rue de la Chaussée-d'Antin, 8.
Hermary, à Lambres (Pas-de-Calais).
Holcroft, à Tours (Indre-et-Loire).
Holm, rue Basse-du-Rempart, 6.
Houel, rue des Batailles, 7.
Hubert, rue de la Pépinière, 118.
Huet, rue Notre-Dame-de-Lorette, 51.
Humblot, à Metz.

Julien, chemin de ronde Montparnase, 6.

Koechlin.
Knab, rue Christine, 1.

Lacambre, en Belgique.
Lachèvre, à Rouen (Seine-Inférieure).
Labouverie.
Lalo, rue de Grenelle-Saint-Germain, 22.
Laligant.
Langlois (Ed.), rue Cuvier, 10.
Landry, rue Coq-Héron, 3 bis.

Lapersonne, rue de Paradis-Poissonnière, 44.
Lasalle, boulevart National, 1, à Marseille (Bouch. du-Rhône).
Lassalle, rue Saint-Georges, 18.
Laurent (Victor), à Planchay-les-Mines, près et par Champagney.
Lebon, rue Richelieu, 110.
Leclerc, rue Richepanse, 4.
Lecouvre, rue des Francs-Bourgeois, 25.
Lecointre, rue Bleue, 6.
Lemaitre, à la Chapelle Saint-Denis.
Lemaire, rue de la Victoire, 60.
Lemaire-Teste, rue de Lancry, 35.
Lemoinne, rue Jacob, 30.
Lepeudry, rue Montholon, 28.
Leroy, rue de Flandre, 57.
Letranger, rue Saint-Hyacinthe-Saint-Michel, 29.
Lisboa, rue Louis-le-Grand, 8.
Lischsteinstein, à Montpellier (Hérault).
Lorentz, rue de Clichy, 43.
Loustau, rue d'Alger, 16, à la Chapelle.
Love, rue du Bac, 134.

Mariotte, à Orléans.
Mathias (Félix), gare du chemin de fer du Nord.
Mathias (Ferdinand), à Lille.
Mathieu, cité de l'Union, 5.
Marguet, à l'école industrielle de Lausanne (Suisse).
Marsillon, à Compiègne.
Meresse.
Mesdach, rue Saint-Paul, 28.
Mesmet, rue des Enfants-rouges, 10.
Mignon, rue Paradis-Poissonnière, 46.
Mirecki, rue du Nord, 15 bis.
Mitchell, rue des Petites-Ecuries, 49.

Montcarville (de), rue Jacob, 58.
Moreau (Albert), rue de Lille, 17.
Morin, à Marsague, près Marseille (Bouches-du-Rhône).
Mourrau, rue des Carrières, 25, à Charenton.

Nancy, rue Bleue, 5.
Naugeois.

Oriolle, rue de Babylone, 26.

Payen ✻, à Grenelle (banlieue).
Pecquet, boulevart Poissonnière, 20.
Pepin Lehalleur, rue Geoffroy-Marie, 5.
Picard, cité de l'Union, 2.
Planhol (de), rue St.-Dominique-St.-Germain, 74.
Poinsot, rue Saint-Martin, 119.
Pot, rue Nau, 45, à Marseille.
Pothier, rue Saint-Georges, 43.
Pottier, rue l'Arcade, 14.
Poupé, rue de Flandre, 57, à la Villette.
Poussin (le major) ✻, aux Etats-Unis d'Amérique.
Proal, rue du Pont-de-la-Réforme, 1.
Pury (de), à Neuchâtel (Suisse).

Quétil, rue des Petites-Ecuries, 16.

Raab, à Rive-de-Gier (Loire).
Redon, rue Paradis-Poissonnière, 40.
Reiveillez, rue de Bussy, 9.
Rérolle, rue Saint-André-des-Arts, 23.
Rhoné, rue Saint-Lazare, 124.
Richard, à Lagny (Seine-et-Marne).
Richard, rue du du Pont, 22, à Seraing (Belgique).
Riche.
Rider.
Rivier, hôtel de Nantes, à Paris.

Rognon, rue Montmorency, 14.
Rouget de l'Isle, passage des Petites-Ecuries, 15.
Rossire, Lausane (Suisse).
Rudler, rue Jean-Goujon, 16.

Salvetat, à la manufacture nationale de Sèvres.
Salleron, rue Saint-Hippolyte, 5.
Sandin, rue Babylone, 36.
Satis, à Puteaux.
Schoenèr, rue des Vinaigriers, 17.
Scribe, rue Blanche, 29.
Servel, quai d'Austerlitz, 75.
Slavecki, rue aux Ours, 33, à Rouen (Seine-Infér.).

Taguel, cité de l'Union, 7.
Thauvin, rue Neuve-Coquenard, 26 bis.
Thomas (Alfred), rue Neuve-Saint-Georges, 7.
Thélat (Emile), à Melun (Seine-et-Marne).

Valério, à Vieille-Montagne, près Liége.
Vallier, rue des Bourdonnais, 37, à Versailles (Seine-et-Oise).
Vautier, rue du Dragon, 3.
Verdavaine, rue Saint-Paul, 21.
Vigneaux.
Villain, rue Mazarine, 42.
Villaine (de), à Roanne (Loire).
Vincent, rue Pigale, 44.
Vinchon, rue Laffite, 1 bis.
Violet, rue de Sèvres, 19.
Viron, rue du Faubourg Saint-Honoré, 87.
Vollant, à Epernay (Marne).
Volski, quai Maison-Rouge, à Nantes, maison Corairy.

Weimberger, boulevart Bonne-Nouvelle, 36.

Yvert, rue Bleue, 5.

MÉMOIRE N° VIII.

Notice sur un pont construit dans la plaine de Lery, à la fin de l'année 1844, pour faciliter l'écoulement des eaux d'inondation en amont du pont du Manoir sur la Seine,

PAR M. EMILE CHEVALIER,

Ancien ingénieur principal du chemin de fer de Paris à Rouen.

On sait quels sont les ravages qu'exercent sur les levées qui avoisinent les fleuves, et sur les remblais en général, les eaux d'inondation, par suite de l'obstacle que ces remblais opposent à leur écoulement.

Le chemin de fer de Paris à Rouen, qui suit la vallée de la Seine, est exposé à des ravages de cette nature sur plusieurs points de son parcours, et surtout dans la plaine que traverse cette ligne entre Saint-Pierre du Vauvray et Pont-de-l'Arche, immédiatement au-dessus du pont jeté sur la Seine au Manoir pour le passage du chemin de fer. Cette plaine, qui sépare la Seine et l'Eure, alors près de se réunir, est entièrement couverte par les eaux d'inondation lorsque celles-ci s'élèvent à 5 mètres environ au-dessus de l'étiage, et dans les fortes crues cette hauteur est souvent bien plus considérable, de telle sorte que la nappe d'eau qui recouvre le sol atteint de 2 mètres à 2^{m}.50 de profondeur.

On conçoit à quelle action destructive peut se trouver exposé le remblai du chemin de fer, qui traverse cette plaine sur une longueur de 5 kilom. et sur une hauteur moyenne de 4 mètres. Lors de l'inondation qui a eu lieu au mois de mars 1844, les talus furent presque complétement enlevés sur la plus grande partie de la hauteur du remblai en question, et ce ne fut qu'à

grand'peine que l'on préserva le corps du chemin de l'action des vagues, que soulevait un vent d'équinoxe longtemps prolongé. On remarqua qu'il s'était formé un courant assez fort qui venait frapper le remblai du côté d'amont à 400 mètres du pont construit sur le faux bras de la Seine ; là se trouve en effet un léger pli de terrain.

On résolut d'établir à cet endroit un viaduc de 50 mètres de longueur au moins, destiné à augmenter le débouché des eaux d'inondation ; mais différentes circonstances retardèrent l'exécution de ce projet jusqu'à la fin de septembre 1844.

On voit qu'à cette époque on n'avait pas un moment à perdre pour achever le travail avant la saison de la gelée et des neiges ; il était indispensable pour atteindre ce but d'adopter un système de construction aussi simple que possible, tout en lui conservant le degré de solidité que comportent des travaux de ce genre, et il importait en outre de maintenir la circulation sur les deux voies, pour ne pas entraver le service de l'exploitation.

Avant de parler des moyens qui ont été employés pour surmonter cette difficulté, nous allons décrire en peu de mots le mode de construction adopté pour le viaduc. Afin de satisfaire aux conditions de simplicité et de rapidité dans l'exécution, on s'est arrêté aux dispositions suivantes, qui se trouvent représentées en détail dans le dessin joint à cette description (pl. VI).

Le viaduc consiste en un système de six longrines, dont quatre sont placées sous les rails et les deux autres sous les garde-corps ; ces longrines reposent sur six piles et sur deux culées en maçonnerie, qui divisent le viaduc en sept travées de 7 mètres d'ouverture. Les piles en maçonnerie ont chacune 1 mètre d'épaisseur, ce qui porte à 55 mètres la longueur totale du viaduc entre les culées. Afin de diminuer la portée des longrines, on a intercalé entre les piles en maçonnerie sept fermes en bois qui se trouvent représentées en détail dans la coupe transversale du viaduc (pl. VI, fig. 3) ; la rigidité des lon-

grines se trouvait ainsi doublée. Les longrines sont boulonnées sur les chapeaux des fermes en charpente, qui sont entaillées de $0^m,03$ pour les recevoir.

Au dessus des longrines est un tablier formé de madriers de $0^m,05$ d'épaisseur placés perpendiculairement à l'axe du pont. C'est sur ces madriers que sont placés les coussinets et les rails, dont l'écartement se trouve ainsi maintenu comme s'ils étaient posés sur des traverses ordinaires; les chevilles en fer qui maintiennent les coussinets sur le tablier s'enfoncent de quelques centimètres dans les longrines. Les quatre longrines placées sous les rails sont formées de deux pièces, reliées par des étriers, dont l'une a $0^m,30$, et l'autre $0^m,25$ d'épaisseur, ce qui porte l'épaisseur totale des longrines à $0^m,55$; leur largeur est de $0^m,25$. Les longrines extérieures sont composées d'une seule pièce, de $0^m,30$ d'épaisseur; elles sont encastrées dans la maçonnerie des pilastres qui surmontent les piles, et soutenues au dessus des fermes en charpentes par des consoles, ainsi que le représente l'élévation du viaduc (pl. VI, fig. 1).

Les deux montants intérieurs, le chapeau et les contrefiches des fermes en charpente ont $0^m,30$ sur $0^m,35$; le montant du milieu a $0^m,40$ de largeur et $0^m,30$ d'épaisseur; la semelle a $0^m,25$ sur $0^m,30$.

La largeur du viaduc dans œuvre, entre les pilastres qui supportent le garde-corps au dessus des piles, est de $7^m,50$.

Des contre-rails ont été placés à l'intérieur de chacune des voies; on aurait pu s'en dispenser à la rigueur, attendu que le viaduc est en ligne droite et que sa longueur est peu considérable (1).

Passons maintenant à l'exécution du travail. Nous avons dit que l'on s'était donné pour condition de maintenir la circulation sur les deux voies; il fallait donc, au fur et à mesure que

(1) En déduisant de la longueur totale de 55 mètres l'emplacement des piles et celui des fermes en charpente, on voit que le passage laissé aux eaux est de $46^m,90$.

l'on déblayait l'emplacement des piles, étayer avec soin sous chacune des voies; et comme les rails étaient posés sur des traverses qui n'étaient pas reliées entre elles, on résolut de les enlever et de mettre en place, avant tout, les longrines qui devaient les remplacer définitivement. On conçoit, en effet, qu'une fois ces longrines en place, il devenait facile de déblayer successivement l'emplacement de chaque pile en pratiquant pour chacune d'elles une tranchée, perpendiculaire à l'axe du chemin de fer, de 2 mètres à $2^{m},50$ de largeur, en ayant soin de placer un étai sous chaque longrine aux deux bords de la tranchée. On s'occupa donc de préparer ces longrines, comme nous l'avons dit, de deux pièces superposées, en ayant soin d'alterner les joints de raccordement dans les pièces inférieures et supérieures; une fois les longrines préparées, on enleva pendant la nuit les rails et les traverses sur l'emplacement du viaduc et l'on mit en place les longrines, dont l'écartement fut maintenu par des madriers remplaçant provisoirement les traverses, et sur lesquels on posa les coussinets et les rails.

Pour ne pas interrompre la circulation sur le chemin de fer l'opération se fit successivement pour chaque voie pendant deux nuits consécutives.

On conçoit qu'une fois les longrines en place, le travail de construction du viaduc pouvait être poussé avec vigueur; il fallait seulement, comme nous l'avons dit, étayer avec soin chaque longrine sur les deux parois des tranchées pratiquées pour l'emplacement de chaque pile et des culées: c'est le système que l'on adopta, en commençant à la fois par les deux extrémités du viaduc. Des coins placés sous les étais verticaux permettant de maintenir toujours les rails à leur niveau, les piles et les culées furent établies sur des massifs de beton de 1 mètre d'épaisseur, pilonné avec soin par couches de $0^{m},20$. La maçonnerie fut ensuite élevée rapidement, de manière à faire durer aussi peu que possible le système d'étaiement provisoire. Les pièces de charpente qui surmontent les piles, et sur lesquelles posent les longrines, étaient placées soigneusement à leur ni-

veau ; aussitôt que deux piles étaient construites, on enlevait le massif de déblai qui les séparait pour mettre en place les fermes ou chevalets en charpente, qui reposaient sur un massif de beton surmonté d'une faible épaisseur de maçonnerie.

En construisant les culées, on ne s'occupait d'abord que de la partie principale qui supporte les longrines ; les murs en aile ont été construits ensuite.

Une fois les supports en maçonnerie et en charpente bien établis on posait le tablier, qui remplaçait les madriers provisoirement placés sur les longrines.

Au moment où les trains passaient sur le viaduc pendant la construction les mécaniciens fermaient simplement le régulateur de la machine pour ralentir la marche ; mais on ne serrait pas les freins, parce qu'il en serait résulté un ébranlement dangereux.

Afin de prévenir les affouillements du sol au dessus du viaduc lors du passage des eaux, on a établi de chaque côté une file de palplanches de $1^{m},50$ de hauteur, qui viennent se raccorder avec les murs en aile des culées.

Toute la charpente du viaduc est en sapin du Nord, à l'exception du tablier, qui est formé de madriers en chêne.

Le travail, commencé le 14 octobre 1844, a été terminé vers le 25 novembre, bien qu'il ait été souvent ralenti par le mauvais temps ; on a seulement ajourné au printemps de l'année suivante le rejointement de la maçonnerie et la peinture des bois. La dépense totale occasionnée par la construction de ce viaduc a été de 35,000 fr. Ce travail a été exécuté à forfait.

Plusieurs inondations ont eu lieu depuis cette époque, notamment pendant l'hiver de 1845 à 1846, et le viaduc a parfaitement atteint le but qu'on s'était proposé en le construisant ; les dommages causés aux remblais qui avoisinent ce viaduc ont été relativement sans importance ; le sol immédiatement au-dessous n'a pas été affouillé ; les eaux d'inondation ont bien déposé quelques matières en amont et en aval du viaduc, mais il n'en est pas résulté de dommage sérieux.

Rien n'est assurément plus simple et plus élémentaire que la construction de ce viaduc ; mais nous avons pensé que ce travail pouvait néanmoins offrir quelque intérêt, en raison des circonstances dans lesquelles il a été exécuté.

MÉMOIRE N° IX.

Notice sur la préparation d'un *jaune fusible* à mêler pour la peinture sur porcelaine,

PAR M. SALVÉTAT,

Chimiste de la manufacture nationale de Sèvres.

Note présentée à l'Académie des sciences.

La peinture sur porcelaine diffère essentiellement de la peinture à l'huile par ses moyens et par ses méthodes. Au talent de composition et d'exécution, l'artiste doit joindre une longue expérience, une connaissanse profonde des modifications que la cuisson, nécessaire pour fixer son œuvre, peut amener dans la nuance de quelques couleurs, surtout de celle des couleurs d'or.

L'harmonie est une condition importante, qu'un long exercice de leur art put seul faire acquérir à Mme Jaquotot et à MM. Beranger, Georget, Robert, etc.; mais même les plus belles de leurs premières productions manquent de ce glacé uniforme qui séduit dans les travaux plus récents qu'ils exécutèrent aidés des ressources du jaune fusible dont je vais parler.

La difficulté d'arriver à satisfaire à la première de ces conditions résulte des réactions qu'exercent les uns sur les autres, à la température où la peinture se fixe, les différents éléments qui entrent dans la composition des couleurs, réactions qui se manifestent par des changements, peu sensibles, il est vrai, pour des yeux peu exercés, mais trop réels pour échapper au véritable artiste. Le peintre qui possède son art connaît les couleurs qui peuvent se mélanger. Du reste, il est possible que

la chimie parvienne un jour à augmenter encore le nombre des principes simples ou composés assez réfractaires pour conserver, même dans les mélanges, le ton qu'ils ont avant la cuisson.

Quant à la condition d'un glacé bien uniforme, la composition des couleurs vitrifiables semble y mettre obstacle, au moins pour les couvertes composées de pegmatite pure.

Je dis pour les couvertes composées de pegmatite seulement; car les porcelaines de Berlin, sur lesquelles les couleurs glacent si uniformément, ont une couverte particulière, fort différente de celle de Sèvres.

Le glacé d'une couleur dépend en grande partie de la proportion de l'oxyde relativement à celle du fondant avec lequel il est mêlé. Quand il y a assez de fondant pour que la couleur glace dans les parties minces, les parties où l'on emploie la couleur épaisse peuvent se détacher par écailles; s'il n'y a de fondant que ce qu'il en faut pour que la couleur n'écaille plus à une certaine épaisseur, les minces restent secs et mats. Il est ensuite certains oxydes qui, comme ceux de fer, disparaissent quand ils sont mêlés à une certaine quantité de fondant.

J'espère que l'Académie me pardonnera d'être entré dans ces détails, mais j'ai cru devoir les exposer pour faire ressortir l'avantage de la couleur dont je lui présente la composition, et pour faire apprécier les services qu'elle a dû rendre à l'art de la peinture vitrifiable, lorsqu'elle parut avec toutes les qualités qui en font l'une des plus importantes et des plus difficiles à obtenir.

En effet, cette couleur, connue à Sèvres sous le N° 47 *jaune pour les chairs*, doit être assez fusible pour augmenter la fusibilité de celles qui ne brillent bien qu'à une certaine épaisseur; elle doit se mélanger avec elles en leur donnant du corps, et en les atténuant sans les modifier autrement que par le ton qu'elle porte elle-même; elle doit enfin être le plus pâle possible.

C'est à la manufacture nationale de porcelaine de Sèvres, à cette grande école des arts céramiques, que M. F. Robert, très

habile peintre paysagiste, la fit pour la première fois vers 1816. En 1821, elle fut comptée au nombre des couleurs composant l'assortiment de Sèvres, et demandée au chimiste. Ce ne fut que plus tard que les fabricants de Paris parvinrent à l'imiter, en créant leur *jaune d'ivoire*. Depuis 1823, MM. P. et L. Robert, successivement chefs de l'atelier de peinture sur verre, approvisionnèrent la manufacture conjointement avec M. Bunel, chimiste de cet établissement. Mais les procédés qu'ils ont employés sont restés secrets jusqu'au moment où M. Alex. Brongniart publia son important *Traité des arts céramiques*.

Je dois à l'obligeance de M. F. Robert d'avoir pu faire connaître l'analyse et la synthèse de cette couleur. Un échantillon de celui qu'il fit en 1821, et dont il a eu la bonté de me remettre une quantité suffisante, m'a donné la composition suivante :

			calculé.
Silice.	19,23	— 19,40	— 19,29
Protoxyde de plomb. . . .	57,64	57,80	57,88
Soude.	3,08	»	2,98
Acide borique.	7,09	»	6,66
Péroxyde de fer.	6,12	»	6,03
Oxyde de zinc.	2,99	»	3 00
Acide antimonique.	3 41	»	3,63
Potasse	0,44	»	0,51
	100,00		99,98

L'acide borique a été dosé par différence. Il est probable que l'antimoine est à l'état d'acide antimonieux ; l'oxyde de fer est à l'état de péroxyde.

En considérant la silice, l'oxyde de plomb, l'acide borique et la soude comme constituant le fondant, j'ai établi la synthèse qui suit : c'est elle qui m'a donné la base de la composition calculée, qui s'accorde assez bien avec les résultats de l'analyse.

Fondant dit aux gris. . . .	84	Le fondant se compose de :	
Carbonate de zinc hydraté. .	4	Sable d'Étampes.	22
Hydrate d'oxyde de fer. . . .	8	Borax fondu.	11
Antimoniate acide de potasse.	4	Minium.	66
	100		99

On obtient, d'après de nouveaux essais que je viens de faire une couleur préférable sous tous les rapports en prenant :

Fondant dit aux gris	88,02
Fleurs de zinc	3,52
Hydrate d'oxyde de fer.	7,04
Antimoniate acide de potasse.	1,42
	100,00

Ces matières sont bien triturées, puis fondues deux fois à un feu assez vif; le produit de la fusion est une masse, qu'on coule sur une pelle de fer; il a, en morceaux, l'aspect du verre à bouteille; trituré, il devient d'un jaune pâle.

Je prépare moi-même la fleur de zinc en calcinant le zinc du commerce. Les dernières parties de la calcination, qui renferment un peu d'oxyde de fer et sont légèrement jaunâtres, peuvent fort bien servir.

L'antimoniate provient de la déflagration de l'antimoine métallique avec trois parties de nitre : c'est l'antimoniate acide de Berzélius; il est bien lavé à l'eau froide.

L'hydrate de péroxyde de fer provient de la décomposition, par une grande quantité d'eau aérée, du sulfate de protoxyde de fer; il se dépose, après un temps assez long, une poudre d'un brun-jaune, qui contient 27 à 28 pour cent d'eau quand elle a été préparée avec de la couperose du commerce, précipitée par de l'eau de fontaine, et seulement 25 quand elle provient de couperose pure précipitée par de l'eau distillée. Elle se dissout dans l'acide hydrochlorique, et précipite en brun par l'ammoniaque; le chlorure de baryum ne fait naître aucun dépôt dans la dissolution : ce ne peut être un sous-sulfate.

C'est en cherchant à apprécier le rôle de chacun des éléments qui entrent dans la composition du jaune, que je suis parvenu à améliorer sensiblement sa préparation.

L'oxyde d'antimoine n'a d'autre but que de rendre à la couleur une certaine opacité qui lui donne un peu de corps; il tend aussi à corriger le ton rouge-brique que prend souvent au feu

un mélange de fondant, d'oxyde de fer et d'oxyde de zinc. La présence de l'oxyde d'antimoine n'est donc pas indispensable, et l'expérience le prouve, pour un jaune simplement fusible.

L'oxyde de zinc, qu'on ajoute à l'oxyde de fer hydraté, forme probablement avec lui un ferrate de zinc; toujours est-il qu'ils donnent un ton brun-jaune quand ils sont en présence. C'est ce ton, affaibli et rendu ivoire par le mélange du silicate de péroxyde de fer et de plomb, que les peintres préfèrent au ton soufré de cette dernière combinaison.

C'est à l'oxyde de fer que le jaune pour les chairs doit sa qualité précieuse de pouvoir faire glacer les rouges sans les détruire. Cet oxyde jouit de la propriété remarquable de former avec le silicate de plomb des silicates doubles, de péroxyde de fer et de plomb qui sont ou incolores ou légèrement colorés en jaune-clair. Ces silicates doubles une fois formés, on peut ajouter au fondant plombeux une très minime proportion d'oxyde de fer orangé, rouge, carminé, laqueux ou violet, pour que cette coloration persiste, il doit donc y avoir avantage à saturer ce jaune d'oxyde de fer, dans l'état d'oxyde facilement attaquable et soluble dans l'acide silicique. L'état le plus convenable paraît être celui d'hydrate non calciné. On sait que, par la calcination, l'oxyde de fer devient difficilement attaquable par les acides.

L'explication que je viens de donner peut paraître en désaccord avec la théorie que MM. Al. Brongniart et Dumas ont donnée sur les couleurs vitrifiables, et qui n'admet qu'un mélange intime entre le fondant et le principe colorant; mais, en examinant les choses comme elles se passent, on y trouve une confirmation de cette théorie.

Dans les couleurs empruntées au fer, l'oxyde se partage en deux parties :

L'une qui forme, avec le silicate de plomb, un silicate plus basique de fer et de plomb, saturé d'oxyde de fer à la température de la fusion; ce n'est pas le principe colorant; cette combinaison est incolore ou jaune, suivant la quantité d'oxyde de fer qu'elle contient;

L'autre reste à l'état d'oxyde; c'est elle qui donne le ton que la couleur conserve après la cuisson, et qui dépend de la nuance que l'oxyde avait isolément. On obtient ainsi toutes les couleurs de fer, depuis le rouge-orangé jusqu'au violet très foncé; tons qu'il est possible de donner à l'oxyde de fer pur en calcinant lentement, à une température de plus en plus élevée, l'oxyde de fer provenant de la décomposition par le feu du sulfate de protoxyde.

J'ai pu facilement vérifier par l'expérience ce partage de l'oxyde de fer, en faisant fondre dans la moufle où se cuisent les peintures une certaine quantité de rouge tout préparé pour peindre. J'ai trituré le résultat de cette fusion, et un traitement par l'acide nitrique a séparé une poudre rouge, composée d'oxyde de fer presque pur, d'une partie soluble dans laquelle les réactifs m'ont fait reconnaître la présence de la silice, du plomb, du borate de soude et d'une quantité notable d'oxyde de fer. L'oxyde de fer, avant la fusion avec le fondant, n'avait pas sensiblement perdu de son poids, sous l'influence du même traitement acide.

Telles sont les considérations sur lesquelles j'ai cru devoir attirer l'attention des chimistes.

Elles permettent d'expliquer les différences que présentent, sous le rapport de l'inaltérabilité par le fait des acides, certaines couleurs composées des mêmes proportions du même fondant et d'oxydes également résistants quand ils sont isolés. Quand une partie de l'oxyde se dissout dans le fondant, il le rend plus difficilement attaquable; aussi les couleurs de fer sont-elles assez solides.

Elles font connaître une couleur qui sert pour ainsi dire de base à la peinture d'art, et dont je dois recommander l'usage, au lieu de fondant, dans toutes les couleurs fusibles destinées à en faire glacer d'autres qui ne brillent bien que sous une certaine épaisseur. Je rappellerai que toutes les peintures que possède la manufacture de Sèvres, faites avant qu'on connût cette couleur, sont ternes et sèches dans les figures et toutes les

chairs. C'est pour remédier à ce défaut que M. F. Robert a tenté des recherches dont il comprenait toute la nécessité.

Elles confirment enfin la théorie de MM. Brongniart et Dumas, qui n'admettent pas de combinaison entre les éléments colorants et les matières fusibles qui doivent les faire adhérer à la porcelaine.

(*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XX, p. 1643.)

MÉMOIRE N° X.

Note sur les moyens de régler la suspension des machines locomotives,

PAR M. NOZO (ALFRED),

Ingénieur des ateliers du chemin de fer du Nord.

En 1842, alors que j'étais chargé du matériel du chemin de fer de Lille à la frontière de Belgique, j'ai eu occasion de m'occuper d'une manière spéciale des moyens de régler la suspension des machines locomotives.

Voici à quelle occasion :

Parmi les locomotives livrées au chemin de fer par M. Pauwels, constructeur à Paris, il s'en trouva une qui, lors des essais de réception, dérailla trois fois dans la même journée. Les trois déraillements eurent constamment lieu dans la même courbe, la machine marchant dans la même direction.

Ces déraillements ne pouvant être attribués à la pose de la voie, pas plus qu'à un défaut de parallélisme dans les essieux, il a fallu en rechercher les causes ailleurs.

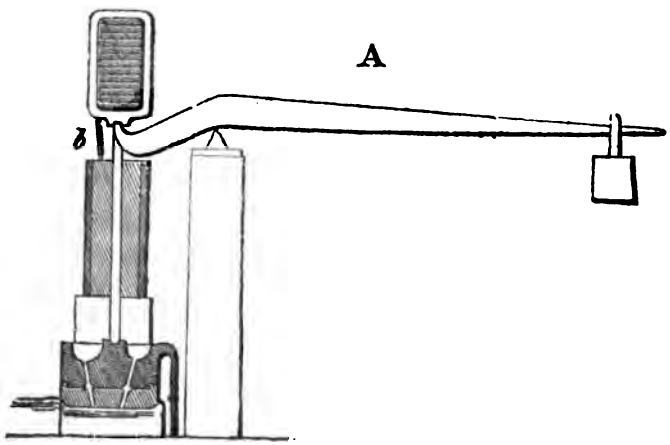
Présumant avec raison que la roue qui montait ainsi avec tant de facilité par dessus le rail, pouvait bien n'être pas suffisamment chargée, j'eus soin, eu égard aux facilités que me donnait la variabilité de la suspension, de faire resserrer les écrous des ressorts de cette roue de manière à augmenter sensiblement la charge qu'elle supportait.

Néanmoins, je procédai avec mesure, l'opération me paraissant fort délicate, attendu qu'à la main on éprouvait, sur les deux ressorts, la même résistance à manœuvrer les écrous, ce qui faisait dire au mécanicien, surtout après avoir vérifié au niveau l'horizontalité du bâtis, que les deux ressorts étaient également chargés, et qu'il était imprudent d'agir comme je le faisais.

Quoi qu'il en fût, je tirai de la mesure tout le succès que j'en attendais. La machine fit ensuite un service aussi irréprochable que les autres.

Mais, dès ce moment, je me préoccupai sans cesse des moyens d'apprécier les changements que je venais d'introduire dans le système général de suspension de la machine. J'étais surtout très désireux de connaître les différentes conditions de suspension de tout le matériel, pensant qu'il y avait dans une mauvaise répartition de la charge des causes de déraillement très actives ; je fus surtout confirmé dans cette conviction quand j'eus constaté que des déraillements nouveaux avaient eu lieu dans d'autres machines, par les mêmes causes, et je considérai presque comme une imprudence de laisser sortir des ateliers une seule machine sans qu'on se fût assuré préalablement que la charge sur les roues était convenablement répartie.

Un premier moyen que j'employai dès ce moment pour apprécier les charges supportées par les six roues de locomotives fut de disposer, à très peu de frais, une romaine assez grossière que je plaçais successivement sous chacun des ressorts, comme ont le voit dans le croquis A ci-dessous. Je faisais varier les



poids de la romaine jusqu'à ce qu'un petit cimblot *b* convena-

blement placé m'indiquât par sa chute que je substituais la romaine à la tige de pression du ressort. Le poids indiqué, à ce moment par ma romaine était sensiblement le poids que supportait ce ressort, ou, autrement dit, la charge *très approximative* sur la roue.

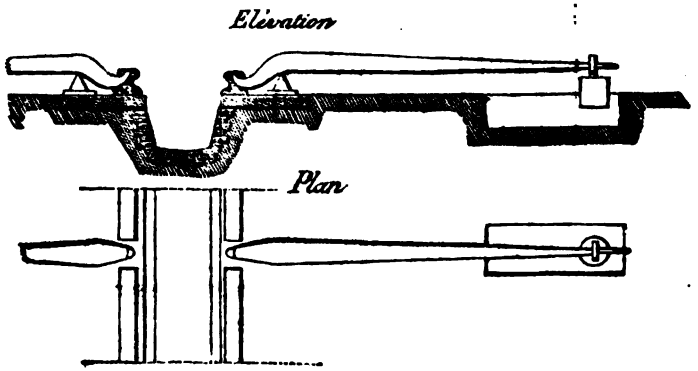
Ce moyen que je pus immédiatement appliquer, malgré toutes les imperfections que je lui reconnaissais, me permit cependant d'apprécier assez exactement les conditions de suspension du matériel pour y apporter des modifications notables.

Plus tard, en 1845, alors que le chemin de fer de Paris à la frontière de Belgique allait être concédé à la compagnie du Nord, de nouvelles machines, dites machines *système Clapeyron*, vinrent augmenter le petit matériel de l'état.

A cette époque j'avais déjà assez perfectionné mes moyens, non seulement pour me permettre de régler la suspension des nouvelles machines qui arrivaient, mais encore pour me mettre à même de déterminer leur poids et la position exacte du plan vertical perpendiculaire à la voie qui contenait le centre de gravité.

Mon nouvel appareil, croquis B, se composait de deux ro-

B



maines indépendantes, placées dans la voie au niveau des rails,

et sur les couteaux desquelles je faisais passer successivement les roues deux à deux.

Avec certaines précautions, je suis arrivé à régler d'une manière assez satisfaisante la suspension des nouvelles machines ; mais je dois dire que ce ne fut pas sans tâtonnements assez longs et assez pénibles, attendu que chaque fois qu'il avait fallu tourner un des écrous des tiges de suspension portant sur l'un des essieux, il devenait nécessaire de faire passer de nouveau les quatre roues sur l'appareil.

Un moyen qui abrégeait les tâtonnnements consistait à régler d'abord la charge sur les roues extrêmes, en soulevant, pour cela, les roues du milieu.

Cette manière d'opérer fournissait, d'ailleurs, une triple solution :

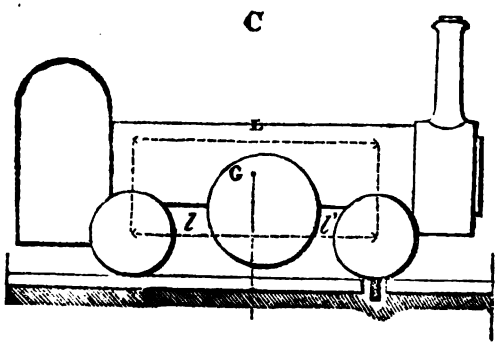
Réglementation de la suspension sur les roues extrêmes ;

Détermination du poids total de la machine ;

Détermination rigoureuse du plan perpendiculaire à la voie contenant le centre de gravité de la machine complète.

Reportons-nous, en effet, au croquis C,

C



et supposons que nous faisons successivement passer les roues d'avant et d'arrière sur nos deux romaines.

Appelons :

m et m' les pressions exercées sur les romaines par les deux roues de l'essieu d'arrière :

n et n' les mêmes pressions exercées par les deux roues de l'essieu d'avant;

p la somme des deux pressions $m + m'$;

p' la somme des deux pressions $n + n'$;

P le poids total de la machine, *roues comprises;*

L la distances des essieux extrêmes;

G le centre de gravité;

l la distance de l'essieu d'arrière au centre de gravité;

l' la distance de l'essieu d'avant au centre de gravité.

Rien n'est plus simple, en manœuvrant les écrous des tiges de suspension, de faire $m = m'$ et $n = n'$.

On a d'ailleurs :

$$m + m' + n + n' \text{ ou } p + p' = P,$$

$$\text{et } P : p' :: L : l$$

d'où

$$l = \frac{p' L}{P}.$$

La valeur de l tirée de cette équation donne la position du plan qui contient le centre de gravité par rapport à l'essieu d'arrière.

Il est bien entendu qu'on obtient ainsi le centre de gravité de la machine complète, roues comprises.

Si l'on voulait simplement obtenir le centre de gravité du système suspendu, il faudrait :

1° Préalablement, déterminer le poids des roues montées et des pièces qui s'appliquent directement sur l'essieu, telles que les boîtes à graisse, ressorts, etc.;

2° Pour l'essieu moteur, ajouter aux poids analogues le poids du mécanisme qui agit directement sur cet essieu;

3° Composer ainsi trois groupes dont les centres de gravité sont parfaitement connus, et déterminer ensuite le centre de gravité cherché par la théorie des moments.

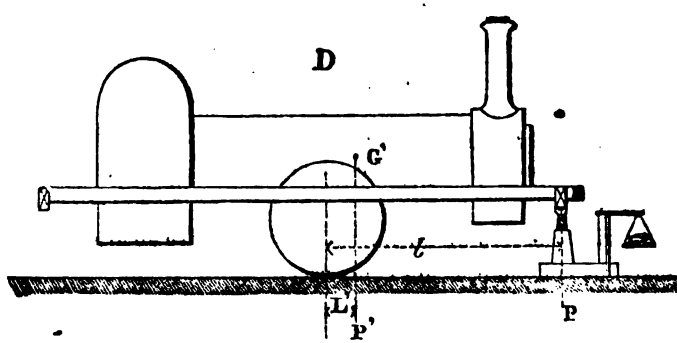
J'ai dit que la répartition de la charge au moyen de deux romaines seulement était une opération pénible et assez difficile. Il y a plus d'un an déjà que je remis la question à l'étude, dans le but d'arriver à un système de six balances-bascules in-

dépendantes, pour peser les six roues à la fois, dans les limites d'écartement que comporte le problème.

Comme la réglementation de la suspension puise un nouvel intérêt dans l'application de la théorie des contre-poids de M. Lechâtelier, ingénieur des mines, j'ai cru devoir donner à mes essais de 1842 la publicité qu'ils peuvent mériter.

Comme il est surtout du plus haut intérêt de pouvoir fixer exactement la position du centre de gravité dans les locomotives, nous pensons devoir indiquer un second moyen d'y arriver très simplement, quand on connaît par des pesées partielles le poids de toutes les pièces qui la composent.

Supposons, croquis D,



les petites roues enlevées de manière à permettre à la locomotive de tourner librement autour de son essieu moteur.

Soit alors,

p le poids qu'indique une balance-bascule placée sous la traverse de la machine, du côté où elle tend à tourner;

l la distance du point qui repose sur la bascule au centre de l'essieu moteur;

P' le poids de la machine, moins le poids des roues montées et de l'essieu moteur, avec la portion du poids du mécanisme qui agit directement sur cet essieu, comme il a été dit;

G' le centre de gravité correspondant au poids P';

L′ la distance du centre de gravité à l'essieu moteur de la machine, telle que nous venons de la définir.

On a

$$pl = P'L';$$

d'où

$$L' = \frac{pl}{P'}.$$

La valeur de L′ tirée de cette formule donne la position du centre de gravité du système suspendu.

En composant le centre de gravité G′ avec le centre de gravité de l'essieu moteur et des essieux d'avant et d'arrière, il est très facile d'en tirer la position du centre de gravité G de la machine complète.

Pour avoir toutes facilités d'amener la machine à être de niveau en même temps que le fléau de la balance-bascule, on se sert avantageusement d'un petit cric-verrin qu'on interpose entre le tablier de la bascule et la traverse de la machine.

L'application de ces procédés aux locomotives du chemin de fer du Nord, dont les poids nous étaient connus, comme il vient d'être dit, a donné les résultats suivants :

Dans les petites machines, dites de l'ancien matériel de l'état, construites par la compagnie d'Anzin, le centre de gravité du système suspendu (la chaudière chargée d'eau et de coke comme en marche), est à $0^m,479$ en avant de l'essieu moteur (1).

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) dans les conditions ordinaires de marche, est à $0^m,380$ en avant de l'essieu moteur.

Dans les machines dites système Clapeyron, construites chez M. Cavé (la chaudière chargée d'eau et de coke comme en marche), le centre de gravité de la partie suspendue est à $0^m,014$ en arrière de l'essieu moteur.

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) est à $0^m,025$ en arrière de l'essieu moteur.

(1) Pour toutes les machines soumises à l'expérience, excepté pour les machines Crampton, l'essieu moteur est celui du milieu, et la hauteur de l'eau au dessus du ciel de foyer est supposée être de $0^m,150$.

Dans les machines dites du système Stephenson, construites chez MM. Derosne et Cail, le centre de gravité de la partie suspendue est à 0m,075 en avant de l'essieu moteur.

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) est à 0m,040 en avant de l'essieu moteur (1).

Dans les machines à marchandises à cylindres extérieurs, le centre de gravité de la partie suspendue est à 0m,180 en avant de l'essieu moteur.

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) est à 0m,155 en avant de l'essieu moteur.

Dans les machines système Crampton, le centre de gravité de la partie suspendue (la chaudière chargée d'eau et de coke comme en marche) (2) est à 0m,110 en avant de l'essieu du milieu; l'essieu moteur étant celui d'arrière, et non plus celui du milieu.

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) est à 0m,088 en arrière de l'essieu du milieu.

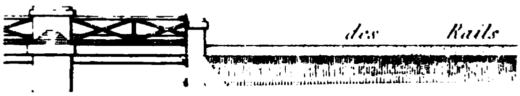
(1) Ces résultats s'appliquent spécialement à la machine telle qu'elle a été construite. Depuis, pour un certain nombre d'entre elles, la Compagnie a beaucoup amélioré leur stabilité en plaçant l'essieu d'arrière derrière la boîte à feu et en reculant l'essieu moteur de 0m,40

(2) La hauteur de l'eau au dessus du ciel est supposée être de 0m,130.

IINS DE F

de LÉRY

ÉLÉVATION



MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Avril, Mai et Juin 1849.)

N° 5.

CHER CONFRÈRE,

Au commencement de ce trimestre, la Compagnie de Strasbourg et la Commission supérieure des chemins de fer se préoccupaient du choix des localités dans lesquelles devaient être établis les ateliers de réparation et de construction du matériel des chemins de Lyon, de Strasbourg et de Chartres.

Les faits qui s'étaient produits dans le cours des agitations que le pays venait de traverser avaient montré le danger que peut recéler l'agglomération, dans les grands centres de population, d'hommes unis par les liens de la camaraderie et de la communauté de travail, quand ils cèdent à des pensées de trouble et de désordre.

Elles se faisaient un devoir d'examiner si l'on pourrait, sans péril, ajouter une nouvelle force à un élément difficile à diriger, ou s'il fallait l'éloigner, en disséminant les nombreux ateliers que comporte l'entretien du matériel des nouveaux chemins de fer.

La politique faisait une loi de leur éloignement et de leur translation sur quelques uns des points intermédiaires des nouvelles lignes, et le chemin de Rouen, par son exemple, semblait prouver que la solution qu'appelaient les considérations si puissantes de la tranquil-

lité et de la paix publique, était aussi dictée par les principes d'une bonne administration et d'une meilleure organisation du travail. C'est à ce dernier point de vue que la Société s'est placée dans l'examen qu'elle a fait de cette question ; c'est en dehors des considérations politiques que ses membres l'ont discutée.

Il a semblé tout d'abord à la Société que la nature des entreprises des chemins de fer obligeait les administrations qui les dirigent à établir leur siége au centre des opérations commerciales, et entraînait auprès d'elles, comme conséquence forcée, l'existence d'ateliers d'entretien du matériel. Mais l'examen approfondi de la question lui a fait reconnaître que ce principe ne devait pas être posé d'une manière absolue. La majorité des membres de la Société a pensé que l'on pouvait scinder avec avantage les ateliers tels qu'ils ont été organisés, et a reconnu qu'il y aurait économie à répartir sur les parcours des chemins de fer, à proximité des matières premières, les ateliers de grosse forge, de débitage de bois ; mais elle n'a pas cru qu'on pût soustraire par leur éloignement les ateliers de petite forge, de montage et d'ajustage, à la surveillance si nécessaire des Ingénieurs qui les dirigent et des conseils d'administration qui partagent avec ceux-ci la haute surveillance.

Quant aux ateliers de construction, la Société a pensé que les administrateurs de chemins de fer devaient éviter de donner une extension considérable aux travaux de fabrication, et que leur intérêt bien entendu exigeait qu'ils se bornassent à ceux qui tiennent seulement à la réparation. L'exemple des premières années du chemin d'Orléans lui a fourni des arguments puissants pour l'adoption de ce principe.

Cette discussion, qui s'est prolongée pendant plusieurs séances, a été suivie de la formation d'autant de commissions que l'on reconnaît de grandes divisions dans l'industrie, afin de faire l'examen complet de tous les produits que réunissait l'exposition de l'industrie.

Le prochain Compte-rendu comprendra quelques-uns des rapports que ces commissions présenteront à la Société, et dans lesquels seront retracés les progrès qui ont été faits dans les diverses branches

de l'industrie, depuis l'exposition si remarquable de 1844.

Pendant ce trimestre, la Société a reçu en communication :

De M. Yvon Villarceau, la démonstration du problème dont l'énoncé a été donné dans le premier cahier de cette année;

De MM. Wittenauer et Richard, un mémoire sur un procédé d'avancement dans les houillères, procédé qui ferait disparaître les causes habituelles des explosions de grisou;

De M. H. Lemaire, une note sur l'application du pendule conique aux turbines;

De M. Richard, un travail sur le recueillement du zinc qui s'échappe des hauts fourneaux;

De M. Bourcart, un mémoire sur les bancs à broches;

De M. Poupée Vadier, une note sur le tracé des courbes en arcs de cercle;

De M. Salleron, un mémoire fort utile à consulter sur le mode employé pour l'exécution d'une tranchée à Pont-sur-Yonne (chemin de fer de Lyon);

De M. Alf. Nozo, un travail relatif à l'entretien des roues sur essieux dans les chemins de fer;

De M. Mathieu, une note sur la vaporisation et la traction des machines locomotives;

De M. Salvetat, un mémoire sur une nouvelle application du platine dans les couleurs fusibles;

Ces trois derniers mémoires sont insérés dans le présent Compte-rendu.

La dernière séance du mois de juin a été, conformément aux statuts, consacrée au rapport semestriel du trésorier. Il est résulté de la comparaison des recettes faites et des dépenses considérables qui ont dû être faites, que la Société centrale des Ingénieurs civils pourra traverser sans embarras la période en général si difficile des premiers temps des sociétés, si les versements des cotisations se font avec régularité et exactitude.

Veuillez agréer, cher confrère, l'assurance de notre fraternel dévouement.

Les Membres du bureau :

Eugène FLACHAT, *président.*
Ch. CALLON et VUIGNIER, *vice-présidents.*
V. BOIS, A. BELLIER et G. GAYRARD, *secrétaires.*
PRIESTLEY, *trésorier.*

Les membres nouvellement admis sont les suivants, savoir

Au mois d'avril :

MM. KRAFFT, admis sur sa demande.
RICHARD, idem.
DE PURY, id.
NILLIS, id.

Au mois de mai :

MM. LEPEUDRY, présenté par M. Victor Bois.
GALLICHER, présenté par MM. Ch. Callon et V. Bois.
GUIBAL, Id.

Au mois de juin :

M. BELLANGER, sur sa demande.

MÉMOIRE N° XI.

De l'entretien des roues montées sur essieux, au chemin de fer du Nord.

PAR M. NOZO (ALFRED),

Ingénieur des ateliers du chemin de fer du Nord.

PREMIÈRE PARTIE.

Description des opérations.

L'entretien des roues montées sur essieux, dans les chemins de fer de grande étendue, est certainement l'une des opérations les plus importantes des ateliers de réparation.

Au chemin de fer du Nord, il faut retourner environ 7,500 à 8,000 paires de roues montées, fabriquer et poser 1,900 à 2,000 bandages par année.

La disposition générale des ateliers a été conçue de manière que tout le travail des roues pût être facilement placé sous la surveillance d'un même agent, en constituant, autant que possible, un atelier spécial.

Dans la figure 1, planche VII, nous reproduisons l'ensemble de cet atelier, dont l'étendue, calculée d'après les données statistiques posées plus haut, devait également dépendre des conditions suivantes que l'on s'était imposées *à priori*.

Pour le produit des appareils, on ne devait pas compter sur plus de quatre bandages soudés, par forge et par jour de travail effectif; près de chaque feu à souder, il fallait placer un feu à chauffer les mises ou les coins de soudage.

Il était, en outre, indispensable d'affecter spécialement une forge au refoulage des bandages et une seconde forge au démontage des

vieux bandages, soit qu'ils pussent resservir, soit qu'ils dussent être mis au rebut.

Nous considérions surtout comme une amélioration de haute importance la création d'un nouveau système de fours évitant les chômages souvent assez longs qu'entraînent les fréquentes réparations à faire aux fours employés jusqu'alors. Nos fours devaient aussi, avant tout, être d'un emploi plus économique que ceux que nous connaissions.

Les machines à cintrer et à arrondir devaient, autant que possible, être simplifiées et ramenées à une seule machine pouvant s'appliquer également bien au cintrage et à l'arrondissage des bandages.

Le refroidissement des roues après l'embattage qui se faisait par arrosage dans tous les ateliers devait être obtenu avec beaucoup plus d'avantage par immersion.

Les roues devaient pouvoir circuler librement entre les fours, les grands tours doubles, les machines radiales à percer et la bascule où devaient être constatés les poids, avant comme après la réparation.

Telles ont été à peu près les idées générales qui ont servi de base au projet d'organisation de l'atelier des roues.

Dans l'entretien des roues montées, nous distinguerons principalement les opérations suivantes :

1° Fabrication des bandages, comprenant le refoulage, le cintrage, le soudage et l'arrondissage ou mandrinage;

2° Embattage et désembattage des bandages;

3° Redressage des essieux faussés et entretien des fusées;

4° Calage et décalage des roues;

5° Tolage des bandages,

6° Pose des rivets en général;

7° Frettage des moyeux;

8° Tournage et alésage des roues en général.

§ 1er. FABRICATION DES BANDAGES.

Les bandages, avant d'être cintrés, sont refoulés à leurs deux extrémités, pour préparer la soudure sur l'une des deux forges *aa'* au plan d'ensemble (*fig.* 1, pl. VII; *fig.* 1, 2, 3, *pl.* VIII). On emploie pour ce refoulage les grues-potences *bb'* au plan d'ensemble (*fig.* 2, *pl.* VII), et le marteau-refouloir (*fig.* 3 et 4, *pl.* VII).

Chacune des forges *aa'* est munie, à cet effet, d'une de ces grues et d'un de ces refouloirs.

Pour refouler, trois hommes manœuvrent le marteau, et deux autres soutiennent le bandage. Après le refoulage, chaque extrémité du bandage présente la forme (*fig.* 5 et 6, *pl.* VII).

L'opération du refoulage aux deux extrémités occasionne un déchet moyen de 2k,40 par bandage de machines, et 2k,08 par bandage de wagons. Elle exige approximativement 40 kil. de charbon (1).

Pour ne pas ébranler les charpentes du bâtiment, les marteaux-refouloirs ont été suspendus à un châssis isolé reposant simplement sur deux entraits contigus; deux broches d'arrêt ont été fixées au châssis comme en-cas. Avec quelques précautions, il n'arrive jamais que ces broches touchent les entraits.

L'un des marteaux-refouloirs est particulièrement affecté au refoulage des bandages des roues motrices et des roues de machines à marchandises; il pèse 183 kil.

Le second est généralement employé au refoulage des bandages de roues de 1 mètre : il pèse 92 kil.

Tous deux sont en fonte.

Lorsque les bandages ont été refoulés, ils sont placés dans le four en long (*fig.* 7, 8, 9 et 10, C au plan d'ensemble), où leur température est élevée jusqu'au rouge-blanc.

---

(1) Pour toutes les opérations de forge, il n'est généralement fait usage, dans les ateliers de la Compagnie, que des charbons de Lagrappe et Grisœuil (Belgique). Ces charbons, rendus à pied-d'œuvre, reviennent, en moyenne, à 25 fr. les 1,000 kil.

Ce four présente une porte de service à chacune de ses extrémités, de manière à permettre l'enfournement par le côté qui convient le mieux.

Lorsqu'il s'agit de petits bandages pour roues de wagons, il y a une assez forte économie de temps et de combustible à charger le four par les deux portes et à cintrer sur les deux machines ou même sur une seule. Dans ce cas, l'opération marche sans discontinuité, et l'on peut compter sur 30 à 40 bandages chauffés et cintrés par jour de dix heures. Au contraire, lorsqu'il s'agit de grands bandages, comme la largeur de la sole, indiquée sur la fig. 7 par une ligne ponctuée, n'est pas suffisante pour permettre une continuité parfaite, il ne faut compter que sur 12 à 16 bandages par jour.

Le dessin suppose une largeur suffisante pour permettre cette continuité dans les deux cas. Il n'est peut-être pas inutile de dire que quand il s'agit de bandages pour roues de $0^m,91$, et que l'on ne peut pas défourner par les deux extrémités, il suffit de n'allumer que deux foyers.

La longueur de sole, $6^m,110$, calculée pour les roues motrices de $1^m,68$ de diamètre, aurait dû être portée à $7^m,10$ pour les roues motrices de $2^m,10$ des machines à grande vitesse, système Crampton. Cette augmentation de longueur s'obtiendra, du reste, très facilement en avançant de part et d'autre les têtes du four de $0^m,50$.

Le cintrage se fait sur les machines à cintrer et à arrondir (*fig.* 3, 4, 5, 6 et 7, *pl.* IX, et *d d'* au plan d'ensemble).

Pour employer cette machine comme machine à cintrer, il suffit de fixer les segments, et de se servir du levier à cintrer (*fig.* 3 et 4). La vis du coin sert alors uniquement comme pivot.

On a employé pendant assez long-temps le manchon de levier (*fig.* 6 et 7); mais après une seconde rupture vers le point *a*, le modèle a été modifié et allongé en même temps, comme l'indiquent les fig. 3 et 4, pour permettre le cintrage des bandages des roues de $2^m,10$.

Quoique le four en long soit sous l'action des grues de travail (*fig.* 1 et 2, *pl.* IX, *e e'* au plan d'ensemble), les bandages sont gé-

néralement retirés du four à l'aide de griffes (*fig.* 11) que les ouvriers trouvent d'un emploi plus commode et surtout plus expéditif.

La double opération du chauffage dans le four en long et du cintrage donne lieu à un déchet moyen par mètre linéaire de bandage cintré, de $0^k,48$ pour bandages de wagons, $0^k,66$ pour bandages de machines (1).

Après le cintrage vient l'opération du soudage.

Le soudage des bandages se fait sur les forges (*fig.* 3, 4 et 5, *pl.* VIII, *ff*, *f'f'* au plan d'ensemble). Quant à présent, les forges *ff* suffisent aux besoins du service.

On pouvait craindre que les hottes en tôle ne s'échauffassent assez pour incommoder les ouvriers; une expérience de trois années doit suffire pour rassurer complétement à cet égard.

Quoique les cheminées *offrent un tirage suffisant*, nous conseillons d'adopter pour leur largeur la cote de $1^m,10$ au lieu de 1 mètre que portent nos dessins.

Les forges en fonte, fer et tôle présentent surtout les avantages suivants : Solidité, propreté, uniformité, facilité de montage et de démontage, réparations peu fréquentes et généralement peu coûteuses.

Il importe d'appeler l'attention sur la disposition particulière de la tuyère à valve, dont la section de sortie peut être augmentée, par l'alésage, dans une très forte proportion.

Le diamètre $0^m,060$ suppose une pression moyenne dans les galeries de vent, mesurée par une colonne d'eau de $0^m,14$. — Cette pression moyenne du vent dans les galeries est indiquée aux ouvriers par un ventimètre qui leur permet de vérifier, d'une manière permanente, la marche du ventilateur.

Le mode de soudage employé pour tous les bandages est le soudage par coins.

Nous avons commencé par découper les coins de soudage dans les extrémités des barres à bandages, que l'on demandait, à cet effet,

(1) Le développement du bandage est supposé pris sur le cercle de roulement.

un peu plus longues qu'il ne convenait. Les coins étaient façonnés au martinet dans des étampes spéciales. Depuis un an environ, nous avons adopté la mesure de demander aux usines des coins tout préparés pour la soudure et de qualité identique avec les bandages. Nous prenons aussi la précaution d'indiquer au fournisseur, par un trait sur les coins spécimens qu'on lui envoie, le sens de la fabrication du fer (*fig.* 8 et 9 *pl.* XI).

Cette amélioration entraîne encore cette conséquence que nous pouvons exiger des bandages aux longueurs exactes qu'il convient, avec une tolérance seulement de $0^m,005$ en plus et $0^m,005$ en moins.

La longueur prescrite pour tous les bandages des profils (*fig.* 10 et 12, *pl.* XIII) n'est autre que le développement de la circonférence du cercle qui passe par le milieu de l'épaisseur qu'a le bandage *brut* sous la surface de roulement. Dans les nouveaux profils (*fig.* 8), on retranche du développement de cette circonférence $0^m,006$ par mètre, attendu que la ligne *neutre* d'enroulement s'abaisse par suite de la diminution de hauteur du boudin.

Pour manœuvrer facilement les bandages pendant l'opération du soudage, on fait usage :

1° D'une grue-potence à contre-poids variable (*fig.* 10, *pl.* IX, *gg'* au plan d'ensemble). C'est le même système général que la grue à refouler; il n'y a que la disposition des poulies qui diffère;

2° D'une anse avec griffes à clavettes (*même fig.* 10, *pl.* IX), qui, saisissant le bandage aux deux extrémités du diamètre perpendiculaire à la soudure, permet, sans changer les conditions d'équilibre, de donner à ce bandage toutes les positions qu'exige le travail du soudage;

3° D'une enclume particulière, ayant la forme (*fig.* 11, *pl.* VII).

Nous venons de faire remarquer que la grue-potence de soudage était de même construction que les grues à refouler. Nous pensons qu'il n'est pas inutile d'insister pour faire ressortir tous les avantages qui résultent, dans les grands ateliers, de cette uniformité dans les outils, et surtout de la symétrie de leur position. Il arrive, en effet,

assez fréquemment, dans le cours des travaux, que certaines opérations qui se font sur un point doivent être déplacées par suite de nouvelles combinaisons. Ces déplacements ne peuvent se faire avec économie de temps et d'argent qu'à la condition d'avoir été prévus dans le premier établissement.

L'opération du soudage donne lieu, dégorgeage compris :

1° A un déchet moyen de 4k,60 pour les bandages de wagons et de 4k,90 pour les bandages de machines ;

2° A une consommation, en charbon, de 200 kil. en moyenne, par bandage soudé.

Quand les bandages sont cintrés et soudés, il s'agit de les arrondir ou mandriner au diamètre rigoureux qu'ils doivent avoir, soit pour les poser immédiatement sur les roues, quand cela est possible, soit pour les conduire au tour à aléser, lorsque le système de roues à réparer comporte un alésage préalable (1).

Les bandages à arrondir sont enfournés, selon leur diamètre, dans l'un des fours circulaires (*fig.* 1, 2 et 3, *pl.* X ; 1, 2 et 3, *pl.* XI, JJ', au plan d'ensemble), où ils sont portés jusqu'au rouge-blanc pour être replacés de nouveau sur la machine (*fig.* 6 et 7, *pl.* IX).

Voici comment l'opération est dirigée :

---

(1) Au chemin de fer du Nord, l'alésage n'a été employé, jusqu'à présent, que pour des roues à faux-cercles tournés; pour toutes les roues de machines et tenders à rayons en fer à T, sans faux-cercles, le bandage a été posé immédiatement après l'arrondissage. L'expérience a suffisamment démontré maintenant : 1° que les roues sans faux-cercles résistent moins bien; 2° que leur entretien est plus coûteux; 3° qu'à chaque renouvellement de bandages, le déchet au tour est beaucoup plus considérable que celui auquel on arrive avec les roues à faux-cercles; toutes raisons qui nous font conseiller l'emploi du faux-cercle dans toutes les roues de machines et tenders à rayons en fer à T. — C'est une mesure que nous venons, au reste, d'appliquer après coup à toutes les roues qui avaient été construites sans faux-cercles. — Pour les roues motrices à voyageurs et les roues de tenders, où la chose était non seulement possible, mais encore avantageuse, on a conservé l'ancien bandage usé comme faux bandage, en lui enlevant le boudin, et l'on est arrivé ainsi, pour les roues motrices, au diamètre de 1m,74 au lieu de 1m,68, et pour les roues de tenders au diamètre de 1m,06 au lieu de 1m,00.

Deux ou trois hommes se mettent à la grue (*fig.* 8, *pl.* IX ; K au plan d'ensemble), pour lever la calotte du four, qu'ils déplacent en même temps. Le bandage à chauffer, suspendu après la grue de travail (*fig.* 1, *pl.* IX), et manœuvré en même temps que la calotte, est déposé sur la sole aussitôt que le passage lui est ouvert. Immédiatement après l'enfournement, la calotte est replacée sur le four ; dix à douze minutes suffisent pour atteindre la température convenable ; le bandage est alors repris avec la grue de travail pour être porté sur le plateau de la machine à arrondir. Cela fait, au moyen du levier (*fig.* 5, *pl.* IX) on imprime à la vis un mouvement de rotation qui fait descendre l'écrou formant coin, et force, par cela même, les segments à s'écarter du centre, jusqu'à ce que leurs arcs appartiennent rigoureusement au cercle qu'il s'agit d'obtenir.

Il est d'un haut intérêt de parfaitement préciser la longueur des bandages pour n'être pas obligé d'étirer le fer à l'arrondissage, en lui enlevant par là ses qualités les plus précieuses. L'arrondissage, ainsi que le mot l'indique assez, ne doit être qu'une simple mise au rond, sans étirage sensible.

Il importe d'avoir autant de séries de segments, ou, autrement dit, autant de mandrins que de diamètres de roues à entretenir. Nous avons essayé de simplifier le nombre de nos mandrins par l'addition d'appliques en fer sur les segments de mandrins plus petits ; cela réussit assez bien.

Nous attachons la plus haute importance à bien déterminer les dimensions des mandrins, afin de diminuer autant que possible les déchets à l'alésage et au tournage. Leur diamètre est calculé en tenant compte : 1° de la température à laquelle se fait l'arrondissage ; 2° de la quantité minimum de fer qu'il faut laisser pour l'alésage ; 3° et enfin du serrage qu'on veut donner au bandage sur le faux bandage, serrage dont nous parlerons plus loin.

La forme des segments est d'ailleurs telle que lorsqu'ils sont sur le cercle auquel ils appartiennent, le jeu qu'ils laissent entre eux permet, en relevant l'écrou et en rapprochant les segments, d'obtenir un

cercle d'enroulement pour le cintrage, de $0^m,01$ à $0^m,015$ plus petit que le cercle d'arrondissage.

Le chauffage dans le four circulaire et l'arrondissage produisent généralement un déchet moyen de $0^k,45$ par mètre linéaire de bandages de machines, et $0^k,41$ par mètre linéaire de bandages de wagons (1).

Quand les opérations, sans cependant être continues, sont conduites avec soin dans l'ensemble des deux fours (four en long et four circulaire), un kilogramme de bandage exige, en moyenne, pour être porté à la température convenable à chaque opération, $0^k,12$ à $0^k,16$ de charbon.

Il est indispensable de placer des registres sur les conduites de fumée des fours pour régler le tirage sur le temps nécessaire aux opérations. Ces registres sont d'ailleurs indiqués sur les figures (7, 8 et 10, *pl.* VII, 2, *pl.* X, et 2, *pl.* XI).

Il est maintenant parfaitement démontré pour nous que des calottes d'une demi-brique ($0^m,11$) d'épaisseur suffiraient sous le double point de vue de solidité et de conservation de la chaleur. Cette disposition, que nous n'avons pas osé adopter dans le principe, présenterait cependant cet avantage, qu'au lieu de la grue (*fig.* 8, *pl.* IX) elle permettrait l'emploi de leviers à bascule à contrepoids variable, d'une installation plus économique et d'une manœuvre plus facile.

L'arrondissage termine, à proprement parler, la fabrication de forge des bandages.

§ 2. EMBATTAGE ET DÉSEMBATTAGE DES BANDAGES.

Chacun sait que les bandages sont embattus sur les roues avec un certain serrage dont dépend presque exclusivement la solidité de leur assemblage.

---

(1) Le développement est supposé pris sur la circonférence extérieure correspondant à la surface de roulement.

Pour toutes les roues en fer forgé à jantes tournées, ou pour toutes celles à rayons en fer à T et à faux bandages également tournés, le serrage s'obtient généralement de la même manière dans tous les ateliers. Les bandages sont alésés à un diamètre plus petit que la jante ou que le faux-bandage ; ils sont ensuite chauffés dans des fours à une certaine température qui les dilate suffisamment pour permettre la pose sur la roue ; puis on abandonne le tout à un refroidissement naturel, ou bien l'on a recours à l'arrosage, ou bien encore, comme dans les ateliers du Nord, on emploie les cuves à immersion.

Après le refroidissement, le bandage s'est contracté de manière à étreindre vigoureusement la roue : c'est cette action des bandages sur les roues qu'on appelle le *serrage des bandages*.

Cela établi, quel doit être le serrage, ou, pour mieux dire, de combien, pour chaque nature de roues, le diamètre intérieur d'un bandage alésé doit-il être plus petit que le diamètre d'un faux bandage ? C'est ce que nous allons essayer de déterminer.

L'expérience prouve :

1° Que les fers à bandages, martelés ou laminés, qu'on chauffe au rouge et que l'on plonge subitement dans l'eau froide, descendent, après le refroidissement, au dessous des dimensions primitives en prenant une trempe plus ou moins considérable ;

2° Que les différences entre les longueurs primitives et les longueurs après le refroidissement varient avec les sections des barres et avec les qualités plus ou moins aciéreuses des fers ;

3° Que la diminution de longueur peut être évaluée, en moyenne, à $0^{m},0025$ par mètre courant lorsque les opérations sont convenablement dirigées.

L'expérience prouve encore :

1° Que les fers, en général, soumis à des efforts de traction convenablement calculés, s'allongent sans s'altérer de quantités peu variables entre elles, en revenant à leurs premières dimensions, dès que les forces ont cessé d'agir (1).

(1) Cette propriété qu'ont les fers de s'allonger en revenant à leurs dimensions primitives s'appelle l'*élasticité du fer*.

2° Que, loin de revenir aux dimensions primitives, les fers se détériorent et finissent par rompre quand on dépasse les efforts-limites que l'expérience a indiqués ;

3° Que les limites d'élasticité, c'est-à-dire le plus grand allongement possible pour ne pas cesser de revenir aux dimensions primitives, d'après les expériences de M. Poncelet sur les fers en barres, ne dépasse pas $0^{m},00066$ par mètre, et qu'il convient généralement, dans la pratique, de rester au-dessous de cette limite d'élasticité.

Maintenant, que conclure de tous ces faits, sinon :

1° Qu'il conviendrait d'aléser les bandages plus grands plutôt que plus petits que le diamètre des faux bandages, afin qu'après le refroidissement subit, la tension à laquelle les fibres resteraient soumises ne dépasse pas celle qui correspond à la limite d'élasticité ;

2° Que la différence entre le diamètre d'alésage du bandage et le diamètre du faux-bandage devrait, pour chaque nature de fer, correspondre à la différence entre les chiffres qu'on adoptera pour l'élasticité et pour la contraction.

Quoi qu'il en soit, nous n'avons pas encore osé appliquer rigoureusement ces conclusions ; mais, guidé par elles, nous avons passablement abaissé les chiffres de serrage primitivement adoptés, et nous pensons que les nouveaux chiffres employés aujourd'hui s'abaisseront encore, au moins pour les roues à rayons en fer forgé, et que nous en arriverons très probablement, pour ces roues, à aléser le bandage au même diamètre que le faux bandage.

Il reste bien entendu que, pour les roues à rayons en fer laminé et cintrées qui présentent, par leur nature et par leur mode de construction, une compressibilité beaucoup plus grande que les roues à rayons en fer forgé ; il est entendu, disons-nous, que, pour ces roues, le serrage doit être fixé en tenant compte de ce nouvel élément.

Tout ce que nous venons de dire suppose que le bandage destiné à l'alèsage a été abandonné à un refroidissement lent à la sortie de la machine à cintrer et à arrondir.

Cette nouvelle théorie de la pose des bandages n'est encore qu'à

l'état d'expérimentation dans les ateliers de la Compagnie, et comme elle touche à la question capitale de l'entretien des roues, nous ferons connaître ultérieurement, s'il y a lieu, par une note spéciale, les résultats que la pratique nous aura permis d'enregistrer.

Dans tout ce qui précède, nous nous sommes plus particulièrement préoccupé des roues à jantes tournées ou à faux bandages également tournés. Cela tient à ce que nous avons dit ailleurs, que ces roues seulement nous paraissaient présenter les meilleures conditions de solidité, de durée et d'économie d'entretien. Cependant, nous ne pouvons passer à la description des opérations sans dire quelques mots de l'embattage sur roues sans faux bandages.

Lorsqu'il s'agit de poser de nouveaux bandages sur ces roues, on commence par rechercher avec soin le diamètre moyen de l'espèce de jante que forme l'ensemble des rayons; puis les bandages, qui, comme nous l'avons vu, ont été placés bruts de forge dans les fours circulaires, en sont retirés et arrondis, autant que possible, toujours à la même température, en ayant soin de pousser le mandrinage assez loin pour tenir compte de la dilatation, et faire qu'après le refroidissement, la contraction par l'immersion dans les cuves ne produise pas un plus grand serrage que celui prescrit.

Voici maintenant comment sont dirigées les opérations.

Dans certains cas, les bandages, en sortant de la machine à arrondir, au moment où ils sont encore rouges, peuvent être immédiatement montés sur les roues, et dans d'autres cas, au contraire, ils doivent être alésés sur les tours avant l'embattage; en conséquence, l'embattage se fera tantôt en prenant le bandage dans le four, lorsqu'il y aura eu alésage préalable, et tantôt sur la machine à arrondir, immédiatement après l'opération de l'arrondissage.

Dans les deux cas, au moyen de la grue de travail, les bandages sortant du four ou de la machine à arrondir seront posés sur le plateau formant couvercle des cuves à refroidir (*fig.* 4 *et* 5, *pl.* X *et* XI; *ll'*, au plan d'ensemble).

Sur ces plateaux, on doit remarquer qu'outre les évidements du centre, destinés à laisser passer les moyeux et les fusées, on a ménagé

sur toute la surface des trous disposés convenablement pour recevoir de petites cales à queue, destinées à régler, d'avance et à coup sûr, la position du bandage par rapport aux rayons de la roue.

Ces petites cales étant placées (1) et quelques repères consignés, on saisit avec la grue de travail la paire de roues, dont l'essieu occupe une position verticale, pour placer dans son bandage celle des roues qui est à recercler. Les positions relatives sont immédiatement vérifiées ; puis au moyen de chaînes additionnelles on accroche le plateau aux chaînes de la grue ; on tourne légèrement le système pour dégager les supports de leurs encoches et l'on descend le tout dans la cuve.

Ces cuves, en communication avec les conduites de distribution d'eau, ont reçu un robinet d'entrée et un trop-plein, de manière à régler la température de l'eau au degré convenable.

Le chauffage dans les fours circulaires, pour l'embattage des bandages alésés, ne donne lieu à aucun déchet appréciable.

Lorsque les bandages doivent être enlevés des roues montées, pour un motif quelconque, et qu'après avoir fait sauter les rivets d'assemblage, le serrage qu'ils conservent sur les jantes ou sur le faux bandage est trop grand pour se désembattre d'eux-mêmes, les roues toutes montées sont prises par l'une des grues de travail, et portées, l'essieu dans une position verticale, à l'une des forges (*fig.* 1, 2, 3 *et* 4, *pl.* VIII ; *aa'* au plan d'ensemble).

Là, on chauffe une certaine portion du bandage, de manière à produire une dilatation suffisante pour qu'il soit possible de le détacher à l'aide de quelques coups de marteau à devant.

Voici le tableau des chiffres de serrage employés maintenant pour la pose des bandages des différentes espèces de roues entrant dans le matériel de la Compagnie ; nous rappelons que ces chiffres expriment la différence, *à froid,* entre le diamètre d'alésage du bandage qu'on

(1) Nous devons dire que les ouvriers acquièrent bientôt l'expérience suffisante pour remplacer les cales à queue par des cales ordinaires, qu'ils trouvent d'un emploi plus commode.

a laissé refroidir lentement après l'arrondissage, et le diamètre du faux-bandage.

DÉSIGNATION DES ROUES.	Diamètre de roulement	Serrage en millimètr.	OBSERVATIONS.
Machines à grande vitesse (Système Crampton).	mètres.	millimèt.	
Roues à rayons forgés, jantes tournées, bandages alésés.	2,10 1,35 1,22	3,0 2,0 2 faibles	
Machines à voyageurs.			
Roues à rayons forgés, jantes tournées, bandages alésés.	1,68	2,0	
— à rayons fer à T, sans faux bandages et bandages non alésés . . .	1,68	5 à 6	
— à rayons fer à T, avec faux-bandages tournés et bandages alésés.	1,74	2,5	L'application des faux-bandages a lieu avec un serrage de 3 mil.
— à rayons forgés, jantes tournées, bandages alésés.	1,00	1,0	
— à rayons fer à T, sans faux-bandages et bandages non alésés . . .	1,00	3,0	
— à rayons fer à T, faux cercles tournés et bandages alésés	1,06 1,04	1,5	L'application des faux-bandages a lieu avec un serrage de 5 mil.
Machines à marchandises.			
Roues à rayons fer à T, avec faux-bandages tournés, bandages alésés.	1,12	2,0	
— à rayons fer à T, sans faux-bandages et bandages non alésés . . .	1,22	4,0	
Tenders.			
Roues à rayons forgés, jantes tournées et bandages alésés.	1,00	1,0	
— à rayons fer à T, sans faux-bandages, bandages non alésés. . . .	1,00	3,0	
— à rayons fer à T, avec faux-bandages et bandages non alésés. . .	1,06	1,5	L'application des faux-bandages a lieu avec un serrage de 5 mil.
Voitures et Wagons.			
Roues de voitures et wagons de. . .	1,00 0 91	1,5	

§ 3. REDRESSAGE DES ESSIEUX.

Le redressage des essieux ne se fait que dans certaines conditions. Pour qu'un essieu puisse être redressé, il faut que la flexion qu'il a éprouvée ne soit pas assez forte pour altérer sa qualité. Dans les essieux de machines, le redressage est une très rare exception.

Le redressage des essieux se fait toujours à chaud. On emploie les forges (*fig.* 1 *à* 3, *pl.* VIII), les grues-potences (*fig.* 2, *pl.* VII), un petit tour à pointes placé sous l'action de la grue.

La vérification des essieux a lieu chaque fois que les roues montées rentrent en réparation. On se sert à cet effet de tours sur collets, indiqués par les lettres *t t'*, au plan d'ensemble (*fig.* 1, *pl.* VII), et sur lesquels, quand il y a lieu, on revivifie en même temps les centres pour la mise en pointes des roues. Nous verrons plus loin que toutes nos roues montées sont tournées sur pointes (1).

Comme opérations faites aux essieux, nous devons dire quelques mots sur les modifications apportées aux fusées des divers systèmes de roues montées.

1° *Fusées des essieux montés de voitures ou wagons.* — Les premières fusées des essieux montés de wagons avaient $0^m,060$ de diamètre et $0^m,127$ de longueur. L'expérience a démontré que ces fusées, qui convenaient sans doute parfaitement pour des chemins de faible étendue, étaient insuffisantes pour éviter l'échauffement sur des chemins à long parcours et à grandes vitesses. Les essieux à fusées de $0^m,060$ sont successivement retirés du service lorsque leurs fusées pénètrent dans un calibre-jauge de $0^m,057$ de diamètre, et sont remplacés par des essieux à fusées de $0^m,075$ de diamètre et $0^m,200$ de longueur.

2° *Fusées des essieux montés de tenders.* — Les fusées de tenders avaient, à l'origine de l'exploitation, $0^m,080$ de diamètre et $0^m,150$ de longueur. On n'a pas tardé à porter leur longueur à $0^m,190$. Ces essieux sont, au reste, retirés du service lorsque leurs

(1) Les tours *tt'* sont à bâtis en bois et ne peuvent être considérés que comme des installations provisoires.

fusées arrivent à pénétrer dans un calibre-jauge de $0^m,076$ d'ouverture; ils sont remplacés par des essieux à fusées de $0^m,095$ de diamètre et $0^m,190$ de longueur.

3° *Fusées des essieux montés de supports de machines (système Stephenson)* (1). — Les fusées de ces essieux, qui avaient primitivement $0^m,140$ de diamètre sur $0^m,160$ de longueur, ont pu recevoir un allongement de $0^m,010$, de manière qu'elles portent aujourd'hui $0^m,140$ de diamètre sur $0^m,170$ de longueur (2).

L'allongement des fusées de tenders de $0^m,150$ à $0^m,190$, ainsi que l'allongement des fusées de support, a été obtenu en avançant, au tour, le collet intérieur de la fusée dans le corps même de l'essieu.

Quelques essais de *trempe en paquet* de nos fusées ont été tentés dans les ateliers. C'est surtout en voyant le service irréprochable de certaines fusées de machines livrées à l'État par MM. André Kœchlin et C^e^, en 1842, que nous avons voulu tenter l'application de la trempe en paquet à nos fusées de voitures et wagons.

Nos essais sont encore trop récents pour pouvoir en formuler le résultat.

Le remplacement des fusées s'obtient en abattant les anciennes fusées, refoulant convenablement les essieux pour ne pas affaiblir leurs dimensions dans le passage au feu, et soudant à chaque extrémité une forte mise *à chaude portée* dans laquelle, après corroyage suffisant, on étire la nouvelle fusée. Les choses sont disposées de telle sorte que la soudure soit entièrement comprise dans le moyeu de la roue (3).

---

(1) On devra se rappeler que les fusées de ces essieux sont intérieures.

(2) Les fusées des essieux moteurs, qui sont intérieures comme les fusées des essieux de support, ont $0^m,160$ de diamètre sur $0^m,150$ de longueur. Les fusées des essieux d'avant (fusées extérieures) des machines à grande vitesse (système Crampton), ont $0^m,150$ de diamètre sur $0^m,300$ de longueur; celles de l'essieu du milieu, qui sont extérieures aussi, ont $0^m,130$ de diamètre sur $0^m,252$ de longueur. Les fusées des essieux moteurs, qui sont intérieures, ont $0^m,180$ de diamètre sur $0^m,260$ de longueur.

(3) Il doit être bien entendu qu'il ne s'agit ici que d'essieux à fusées extérieures.

Les mises sont préparées à l'atelier; elles sont tirées de lopins composés principalement de vieux bandages convenablement choisis. Ces lopins, chauffés au four, sont soudés, corroyés et étirés au marteau-pilon. Le fer ainsi obtenu est généralement de qualité tout-à-fait supérieure.

§ 4. CALAGE ET DÉCALAGE.

Le calage et le décalage des roues se fait au moyen d'une presse hydraulique à cylindre horizontal indiquée par la lettre M au plan d'ensemble (*fig.* 1, *pl.* VII), et représentée (*pl.* XIII, *fig.* 4, 5 et 6).

Cette presse, dont l'installation définitive n'est point encore exécutée, sera portée sur un châssis mobile équilibré qui s'élèvera ou s'abaissera à la hauteur des essieux à caler ou à décaler. Elle sera d'ailleurs desservie par une grue qui permettra de faire pivoter facilement les essieux bout pour bout.

Le calage des roues de machines (motrices et supports) et de tenders en général est fait sur les mêmes jauges d'écartement intérieur des bandages : la cote adoptée est de. . . . . 1^{m},355

le calage des roues de voitures et de wagons est fait sur un écartement intérieur des bandages de. . . . . 1^{m},362

Un tableau a été dressé des pressions à employer pour chaque espèce de calage. Ce tableau fixe surtout un poids *minimum* avec lequel l'essieu ne doit pas pouvoir entrer à fond, et un poids *maximum* que l'on ne doit pas dépasser pour arriver au même but.

Ces poids *minimum* et *maximum* dépendent à la fois du diamètre, de la portée de calage et de l'épaisseur du moyeu.

Voici ce tableau :

NATURE DES ESSIEUX.	Pression en kilogrammes.			Numéro d'ordre des poids.	
	Minima.	Maxima.	Moyenne	Minim.	Maxim.
	k	k	k		
Roues motrices, machines bielles à fourches	60,000	80,000	70,000	1	2
— machines Clapeyron.	60,000	80,000	70,000		
Roues de support, machines bielles à fourches. . .	40,000	60,000	50,000	3	1
— machines Clapeyron.	30,000	50,000	40,000		
Roues de tenders Clapeyron. . . .	30,000	50,000	40,000	4	5
— nouveaux (forts moyeux).	30,000	50,000	40,000		
— nouveaux (faibles moyeux).	20,000	30 000	25,000	6	4
Roues de voitures et wagons nouv.	20,000	30,000	25,000		
— anciennes.	10,000	20,000	15,000	7	6
Boutons de manivelle	10,000	20,000	15,000		

§ 5. TOLAGE DES BANDAGES.

Le tôlage des bandages est une opération qui consiste à interposer une épaisseur en tôle (d'où vient le mot tôlage) entre les jantes et le bandage ou entre le faux-bandage et le bandage, quand ce dernier a pris du jeu. Le tôlage est surtout très fréquent dans les roues sans faux-bandage.

Au lieu de tôle, nous employons maintenant, avec un grand avantage, des feuillards de dimensions assorties.

Pour tôler un bandage, on commence par le démonter en suivant le procédé précédemment décrit. Sa position est soigneusement répérée. On enroule ensuite autour du faux-bandage, en fixant ses extrémités au moyen de petites pinces *ad hoc*, un feuillard d'épaisseur

convenablement calculée pour obtenir le serrage qui convient au genre de roues qu'il s'agit de tôler. Au lieu d'employer ces petites pinces dont nous parlons pour fixer le feuillard sur la jante, il est encore aussi simple d'étirer à chaud, sur les bords mêmes du feuillard, de petites oreilles qu'on rabat ensuite sur la jante ou le faux-bandage. Cela fait, on chauffe le bandage comme s'il s'agissait d'un embattage ordinaire, et l'on monte comme nous l'avons déjà vu. Il est bon de mentionner qu'on a eu le soin de percer préalablement dans le feuillard des trous assez grands pour passer facilement des broches destinées à assurer le montage du bandage dans son ancienne position.

Quand on retire un bandage tôlé pour le remplacer par un bandage neuf, ou, *très rarement*, pour mettre un feuillard plus épais, les anciennes tôles ou feuillards sont mises de côté pour resservir ultérieurement. C'est surtout en faisant intervenir cette dernière considération qu'il est aisé de démontrer que le tôlage, comparé au refoulage, est devenu une opération fort économique et évidemment fort simple.

Avant l'introduction de cette importante amélioration, les bandages étaient refoulés ou rétrécis à grands frais. Le refoulage ou le rétrécissement présentait surtout ce grave inconvénient que les trous du faux-bandage et du bandage ne se correspondaient plus dans le montage, et qu'il fallait dès lors, dans le bandage, percer de nouveaux trous et lui enlever ainsi une grande partie de sa solidité.

Nous terminerons en disant que le tôlage est un mode de réparation qui ne laisse rien à désirer sous le rapport de la solidité.

§ 6. POSE DE RIVETS.

Les rivets peuvent être posés la tête en dedans ou la tête en dehors. Nous avons fait quelques essais de rivage en dedans (tête en dehors), et nous pensons que l'expérience s'accordera avec le raisonnement pour donner la préférence à ce dernier mode de rivage.

Lorsqu'on adopte le rivage en dehors (tête en dedans), l'opéra-

tion doit nécessairement suivre le tournage. Quelques constructeurs posent les rivets avant le tournage : il est facile de concevoir que c'est là une mauvaise opération, attendu qu'on enlève, au tour, la meilleure partie de la rivure, la partie la plus serrée dans la fraisure.

Lorsqu'on rive en dedans, il est indispensable de fabriquer les rivets dans des clouères parfaitement conformes aux fraisures des trous dans les bandages.

Dans la construction des anciennes roues sans faux-bandages pour machines et tenders, au lieu de rivets on avait tenté l'emploi de vis ayant leur tête sur la partie du rayon formant jante, et pénétrant environ jusqu'aux deux tiers de l'épaisseur du bandage. On espérait par ce moyen éviter quelques ruptures de bandages. Il a fallu renoncer complétement à ce mode de fixer les bandages, attendu que les vis présentaient l'inconvénient très grave de se desserrer ou de se couper aussitôt que le bandage se relâchait un peu.

Pour les nouvelles roues de machines et tenders, que commande la Compagnie, nous prescrivons, au lieu de vis et rivets, l'emploi de boulons parfaitement tournés sur calibres et très légèrement rivés sur leurs écrous. Nous espérons trouver dans ce mode de fixation le moyen de rafraîchir les bandages jusqu'à la limite d'épaisseur, sans être obligé de changer les boulons.

Tous les trous à pratiquer dans les bandages neufs pour les rivures sont forés par l'une des machines radiales dont la position est indiquée par la lettre N au plan d'ensemble (*fig.* 1, *pl.* VII). Les trous des faux-bandages ou des rayons formant jante, avec lesquels doivent se rapporter exactement les nouveaux trous à percer dans les bandages, sont reportés sur la surface de roulement du bandage au moyen d'un petit appareil répétiteur (*fig.* 8, *pl.* X), qui donne toute l'exactitude désirable et qui permet de percer toujours du dehors en dedans au moyen des machines.

L'opération du rivage, devant suivre le tournage et le perçage, se fait sur l'emplacement compris entre les tours et les forges, au moins pour les roues de machines et tenders. Le rivage des roues de wa-

gons se fait plus généralement sur les voies de dégagement. On emploie à cet effet une petite forge volante pour le chauffage des rivets.

Au lieu de forge, nous conseillons l'emploi d'un petit four spécial portatif. Avec ces fours, en effet, les rivets sont chauffés à une température régulière, et leurs surfaces sont généralement moins altérées par l'action du feu.

§ 7. FRETTAGE DES MOYEUX.

Il arrive quelquefois que des moyeux se fendent, soit en service, soit au clavetage ou dans l'emmanchement à la presse hydraulique. Nous avons pris le parti de les fretter, et jusqu'à présent nous n'avons pas à regretter l'adoption de cette mesure.

Il y a maintenant en roulement une assez grande quantité de moyeux frettés qui font un service aussi irréprochable que des moyeux intacts.

Nous avons appliqué le frettage à tous les genres de roues, depuis la roue motrice à voyageurs jusqu'à la roue de wagon.

Les frettes s'appliquent le plus généralement à l'extérieur des moyeux que l'on tourne à cet effet de manière à recevoir des frettes alésées.

Nous avons quelquefois ménagé le logement d'une frette circulaire dans l'épaisseur même du moyeu, lorsqu'il s'agit de roues motrices à manivelles extérieures; mais il arrive généralement pour ces moyeux qu'on pose des frettes brutes de forge, comme l'indiquent les *fig.* 6 et 7, *pl.* XII.

Nous employons tantôt une seule frette à l'extérieur, quand les roues sont montées sur leurs essieux, tantôt deux frettes, quand les roues sont décalées. Il est arrivé assez rarement qu'on décalât une roue pour mettre des frettes intérieures, une seule frette à l'extérieur, bien appliquée, ayant presque toujours paru suffisante.

Il est bien entendu que toutes les frettes sont appliquées à chaud avec un serrage qui dépend de leur diamètre.

§ 8. TOURNAGE ET ALÉSAGE.

La disposition adoptée pour l'emplacement des tours permet d'en augmenter le nombre jusqu'au double du chiffre actuel, au fur et à mesure de l'accroissement des besoins.

Nous croyons devoir appeler l'attention sur les grandes facilités que présente la disposition des voies qui longent les tours, et les économies notables qui en résultent : ces voies donnent issue aux roues par cinq passages différents.

Avec les moyens dont nous disposons maintenant, et indiqués par le plan d'ensemble (*fig.* 1, *pl.* VII), nous pouvons tourner, tant en bandages neufs qu'en rafraîchissages, un maximun de 6,000 paires de roues par an.

Le plan d'ensemble indique :

En *o*, — deux grands tours doubles pour roues motrices ;

En *p*, — trois tours doubles pour petites roues de machines, et au besoin, pour roues à marchandises de 1m 20 ;

En *q*, — un tour à aléser les moyeux et à tourner les fusées intérieures et extérieures ;

En *r*, — cinq tours doubles pour roues de wagons ;

En *s*, — un tour double pour roues de wagons, mais plus spécialement appliqué au tournage des fusées extérieures (1).

Tous ces tours sont construits sur le même principe. Entre les tours à roues motrices et ceux à roues de support ou de wagons, il n'y a que les dimensions qui diffèrent.

Nous donnons dans la planche XIII, figures 1, 2 et 3, les dispositions principales du tour à roues motrices.

La disposition particulière de nos bancs de tours nous a conduit dès le principe (2) à l'emploi d'un appareil de la plus grande sim-

(1) Depuis la rédaction de cette note, la Compagnie a passé un marché pour l'acquisition de cinq nouveaux tours à roues, indiqués par les lettres *o'*, *p'*, *r*, et dont il est d'ailleurs parlé dans la quatrième partie, pages 103 et 117.

(2) Juillet 1846.

plicité, pour mettre en pointe les roues à retourner. L'usage de cet appareil (*fig. de* 1 *à* 5, *pl.* XII) n'économise pas moins de 0 fr. 25 c. par paire de roues retournées. Il se compose, pour les roues à fusées extérieures, de deux chappes embrassant les fusées d'un bout, et de l'autre bout, d'un sommier engagé par ses extrémités dans les entailles des plateaux des tours. En se reportant à la figure 4, planche XII, il est facile de voir que le tour étant placé dans une position convenable, si on le met en mouvement, il amènera nécessairement les roues à peu près dans leur position. Les vis de rappel qui prennent leur point d'appui sur le sommier, achèvent de mettre le centre de l'essieu parfaitement dans la direction des pointes des poupées.

Un des grands tours pour roues motrices et un moyen tour pour roues de support ont été appropriés pour tourner les roues de machines à marchandises. L'appropriation a principalement pour but que d'éviter de loger les boutons de manivelle dans les plateaux, et par suite l'inconvénient assez grave qui en résulte, de manœuvrer les poupées à chaque mise en pointe. Elle consiste dans l'application, sur chacun des plateaux de ces tours, d'un manchon nervé (*fig.* 1, *pl.* XII), fortement boulonné avec le plateau et s'y encastrant de quelques millimètres dans une entaille légèrement conique. Le manchon, alésé exactement au diamètre des arbres porte-pointes, permet de pousser ces pointes assez loin sans brouter pour laisser passer les boutons de manivelle devant les plateaux.

La figure 9, planche XII, représente le toc traîneur que nous employons avec le plus grand succès dans nos tours à roues. Ce toc, d'une construction très solide, offre le grand avantage de n'avoir à enlever qu'une pièce très maniable pour monter ou descendre les roues. Il suffit, en effet, de retirer la griffe à vis de serrage de la douille dans laquelle elle est engagée, pour rendre la roue entièrement libre.

La figure 10, même planche, représente le calibre qui nous sert à la vérification des diamètres. Il est léger, commode et d'un emploi très facile.

Pour les bandages de dureté assez forte (fer grenu et serré), la plus grande vitesse que nous ayons pu atteindre du bandage devant l'outil, en marche régulière, a été de $4^{m},50$ par minute, pour enlever des copeaux d'une épaisseur moyenne de $0^{m},004$, avec un avancement maximum d'outil de $0^{m},0015$ par tour.

Pour terminer l'histoire du déchet dans le travail des bandages, depuis leur mise en œuvre jusqu'à la sortie des roues de l'atelier, il nous reste à donner le déchet moyen provenant de l'alésage intérieur et celui provenant du tournage des surfaces du roulement.

Le déchet à l'alésage est, en moyenne, de $1^{k},50$ par mètre courant de bandage de machine, et de $1^{k},41$ par mètre courant de bandage de voiture et wagon.

Le déchet pour tournage des surfaces extérieures est de $4^{k},33$ par mètre courant de bandage de machine, et de $4^{k},05$ par mètre courant de bandage de wagon. On peut considérer ces chiffres comme des *maximum* qui devront s'abaisser quand nous aurons obtenu des fournisseurs que les cannelures des laminoirs soient mises en harmonie parfaite avec nos profils et la perfection de nos moyens. Ces cannelures ne tiennent, d'ailleurs, aucun compte du chanfrein que nous abattons à l'extrémité de la jante (*fig.* 10, 11 *et* 12, *pl.* XIII).

Il est sans doute intéressant de dire quelques mots du déchet moyen qu'occasionne le rafraîchissage des bandages, chaque fois que les roues rentrent en réparation.

Ce déchet, toujours pris sur des roues qui conservent quelque trace de l'ancienne surface de roulement, ainsi que l'exige un travail bien compris, est *actuellement*, en moyenne, sur le chemin du Nord, de $37^{k},366$ par paire de roues motrices de $1^{m},68$ de diamètre ; de $26^{k},933$ par paire de roues de support de 1 mètre ; de $30^{k},450$ par paire de roues de tender de 1 mètre, et de $17^{k},130$ par paire de roues de wagon de $0^{m},91$ de diamètre. Ces chiffres résultent des pesées comparatives faites avant et après réparation sur la bascule dont il a déjà été parlé, et qui se trouve indiquée par la lettre *a* au plan d'ensemble (*fig.* 1, *pl.* VII).

Les bandages sont généralement maintenus en service tant qu'ils

conservent d'épaisseur, après dernier rafraîchissage, $0^m,030$ pour roues motrices, $0^m,025$ pour roues de support et tender, et $0^m,020$ pour roues de voitures et wagons (1).

La plupart de nos bandages arrivent à ces épaisseurs-limites après trois rafraîchissages pour les machines ou tenders et quatre rafraîchissages pour les wagons.

Les nombres de kilomètres parcourus entre deux rafraîchissages successifs d'une même paire de roues paraissent aller constamment en s'abaissant. La moyenne actuelle du parcours total de nos bandages, depuis la mise en service jusqu'à la mise au rebut, peut approximativement être fixée comme suit :

Bandages de voitures et wagons (*profil* 11, *pl.* XIII),	50,000 kil.
Bandages de roues de support (*profil* 10, *pl.* XIII),	50,000 —
Bandages de roues motrices (*profil* 8, *pl.* XIII),	45,000 —
Bandages de roues de tender (*même profil*),	35,000 —

Ces parcours vont s'élever, sans nul doute, attendu que les exceptions pour défauts de fabrication, quoique déjà écartées en partie dans nos relevés, doivent affecter encore nos chiffres d'une manière sensible.

Ces nombres, au surplus, peuvent varier notablement d'un chemin de fer à l'autre ; ils dépendent principalement :

1° De la nature des fers employés et de la manière de composer les paquets ;

2° Des charges maxima sur les roues et de la limite d'usure à laquelle se font les rafraîchissages en général ;

3° Du bon ou mauvais emploi des cuves à refroidir lors de l'embattage, etc., etc.

Les profils de nos bandages ont subi certaines modifications dont il importe de retracer l'histoire.

---

(1) Nous venons d'essayer tout récemment d'abaisser la limite 0,020 jusqu'à 0,015, en prenant toutefois le soin de placer sous les wagons à marchandises les roues montées dont les bandages sont arrivés à cette dernière limite d'épaisseur.

Les premiers profils de bandages adoptés par la Compagnie sont représentés dans la planche XIII par les figures 7, 9 et 11.

Le profil figure 7 s'appliquait aux roues motrices (roues du milieu (1).

Le profil figure 9 s'appliquait aux roues de support de locomotives (roues extrêmes), ainsi qu'aux roues de tenders.

Le profil figure 11 s'appliquait aux roues de voitures et wagons.

Dans ces trois figures, la ligne ponctuée indique les dimensions qu'avaient les bandages bruts de forge pour obtenir, après tour et alésage, les cotes du dessin.

Les figures 8 et 10 représentent ce que nous avons pu obtenir dans les ateliers de la Compagnie, avec les fers à bandages primitifs, en perfectionnant nos moyens et en apportant tout le soin possible dans le travail.

La figure 8 indique, en outre, les modifications que nous avons cru devoir introduire dans le profil du boudin des roues du milieu, pour faciliter le passage dans les courbes.

La figure 12 indique le nouveau profil adopté tout récemment par la Compagnie pour les bandages de roues, de voitures et wagons. L'épaisseur de ce bandage devient égale à celle des bandages de machines et tenders.

En comparant entre eux les profils 8, 10 et 12, il est aisé de voir que le jeu entre les rails et les boudins n'est pas le même pour toutes les espèces de roues. Ce jeu peut *très approximativement* être évalué comme suit avec les rails de 30 kilogrammes le mètre courant, comme avec ceux de 37 :

Roues du milieu des machines	20 millimètres.
Roues extrêmes des machines et tenders	6
Roues de voitures et wagons	10

(1) Dans la locomotive à grande vitesse (système Crampton), où la roue motrice se trouve placée à l'arrière, il est bien entendu que c'est la roue du milieu qui reçoit le profil figure 8, la roue motrice recevant dès lors, comme roue extrême, le profil figure 10.

Nous venons de voir que la Compagnie avait augmenté l'épaisseur du bandage des voitures et wagons ; cette augmentation d'épaisseur ne conviendrait certainement pas à toutes les lignes. Il arrivera, en effet, dans celles où les courbes à petit rayon seront très-multipliées, où les entr'axes des essieux seront considérables, que la durée des bandages dépendra plutôt de la limite d'usure des boudins que de la limite d'usure de la partie roulante proprement dite. Dans ce cas, c'est l'épaisseur du boudin qu'il faudra chercher à augmenter par une pose de voies convenable, de manière à ne pas faire dépendre, autant que faire se pourra, la durée du bandage de la durée du boudin.

Comme toutes les mains-d'œuvre de fabrication resteront sensiblement les mêmes, nous pensons que l'épaisseur actuelle des bandages, en général, devra s'accroître, et qu'on arrivera probablement, avant peu, à quelque chose comme 0m,070 pour les machines, et peut-être à la même épaisseur pour les voitures.

En comparant cette nouvelle dimension avec les épaisseurs-limites d'usure que nous avons posées page 69, on verra que l'épaisseur utile serait en moyenne, pour les machines, les 0,64 de l'épaisseur brute, et pour les wagons les 0,71.

Aujourd'hui l'épaisseur utile n'est guère à l'épaisseur brute que dans le rapport de 0,50 pour les machines et pour les wagons.

Dans les nouvelles conditions d'épaisseur, on doublerait environ le nombre des rafraîchissages et on augmenterait, dans une proportion correspondante, le nombre de kilomètres parcourus avant la mise au rebut ; or, comme l'augmentation du prix ne porterait, pour ainsi dire, que sur la matière brute, on voit qu'il en ressortirait, au point de vue économique, un immense avantage. (Voir aux prix de revient, page 87.).

Maintenant que nous avons passé successivement en revue toutes les machines, tous les engins que renferme l'atelier des roues, toutes les opérations qui s'y pratiquent ; que nous nous sommes assurés que la production actuelle pouvait être partout doublée pour satisfaire aux exigences ultérieures du service, disons quelques mots de l'organisation du travail.

Le total du personnel de l'atelier des roues est actuellement (1) de trente ouvriers pour atteindre, par an, le chiffre approximatif de 4,000 paires de roues réparées.

Ces trente ouvriers forment une Société à laquelle la Compagnie a concédé, le 1er octobre 1848, pour un an, l'entreprise générale de la réparation des roues, aux clauses et conditions stipulées dans le marché que nous rapportons dans la quatrième partie de ce mémoire.

Cette Société fonctionnait déjà depuis trois mois, à titre d'essai, lorsque le marché fut approuvé. Elle a donc aujourd'hui plus de neuf mois d'existence, pendant lesquels tous les sociétaires ont gagné des journées plus élevées que celles auxquelles ils auraient pu prétendre avec le système des marchandages partiels, tout en laissant à la Compagnie, sur les anciens prix accordés pour les mêmes travaux, des bénéfices qui atteignent quelquefois *au tiers* et qui ne descendent jamais au-dessous du *cinquième*. Les deux parties contractantes ont donc trouvé des avantages réels dans le nouveau système de marchandage.

L'atelier des roues n'est pas le seul qui fonctionne avec une semblable organisation. Deux autres ateliers sont identiquement placés dans les mêmes conditions : ce sont l'atelier des ressorts et la fonderie.

Nous avons dit que les salaires résultant du marché s'étaient élevés, avec l'association, au-dessus des anciens taux, quoique avec un abaissement notable des prix primitifs de marchandage. Donnons la mesure exacte de cette élévation de salaires en posant des chiffres officiels.

Le moindre bénéfice réalisé par la Société a produit 21 0/0 d'augmentation sur les taux de journées, tels qu'ils étaient fixés par l'administration pour chacun des membres de la Société.

Les meilleurs résultats obtenus jusqu'ici ont produit 47 0/0 d'augmentation sur ces mêmes taux de journées.

---

(1) Juin 1849.

La journée moyenne des trente ouvriers, qui est de 3 fr. 85 c., s'est donc élevée, par suite du travail à l'entreprise dans le cas de la limite inférieure des bénéfices, à 4 fr. 65 c., et dans le cas de la limite supérieure, à 5 fr. 66 c.

Voici du reste un tableau indiquant, pour l'ensemble du personnel de l'atelier des roues, les divers taux de journées dans les trois hypothèses, *sans bénéfice*, *avec bénéfice minimum*, *avec bénéfice maximum*.

Nombre d'ouvriers par spécialités.	Désignation des spécialités.	Salaires		
		sans bénéfice.	avec bénéfice minimum.	avec bénéfice maximum.
		fr. c.	fr. c.	fr. c.
1	Chef des travaux de forge. . . .	7 50	9 07	11 02
2	Chefs aux tours et trav. d'ajust.	6 50	7 86	9 55
1	Forgeron	5 »	6 05	7 35
1	Forgeron	4 50	5 85	6 61
1	Centreur-tourneur.	4 25	5 14	6 »
4	Riveurs, tôleurs, ajusteurs. . .	4 »	4 84	5 88
2	Tourneur, chauffeur.	3 50	4 23	5 14
18	Tourneurs, aides-tourneurs, etc.	3 20	3 93	4 78

DEUXIÈME PARTIE.

Mode de comptabilité (1).

La comptabilité *spéciale* de l'atelier des roues, ne devant jamais rendre compte que des mêmes opérations, a pu être organisée d'une manière fort simple.

Dans l'établissement des écritures de cet atelier, le point de départ a été le marché, page 108, 4e partie, dont nous avons déjà parlé, et qui fixe les prix de toutes les opérations entrant dans l'entretien des roues en général. Le but était surtout la détermination et l'application des dépenses en matières et main-d'œuvre, ainsi que la répartition mensuelle (2) des produits de l'entreprise entre les divers ouvriers associés, conformément aux prescriptions du marché.

Quatre imprimés sont nécessaires et suffisent pour la tenue des écritures spéciales de l'atelier des roues ; ces quatre imprimés sont :

1° Rôle de journées ;

2° Attachements de la fabrication des bandages, faux-bandages, etc. (modèle n° 3);

3° Attachements des réparations (modèle n° 4) ;

4° Feuille de paie (modèle n° 5).

Nous ne mettrons sous les yeux que les trois derniers imprimés, qui seuls méritent quelque attention.

Le *Rôle des journées*, qui constate avec la plus grande sévérité

---

(1) Notre but ne peut être de donner l'ensemble des écritures qui se rattachent à l'entretien des roues montées, attendu que certaines parties de ces écritures rentrent dans la comptabilité générale du matériel, dont l'exposition à elle seule exigerait tout un mémoire.

(2) Nos règlements n'ont lieu que tous les mois, mais on délivre des à-compte généraux à la fin de la première quinzaine.

DIV

Mois d

Modèle

NUMÉROS des ESSIEUX.	LAGE t VAGE e ons e elles.	PI
	Quantités — Produits.	DATE
1	58	59

Prix de l'unité ...

les heures de présence des divers associés, est constamment tenu à jour. Il reste affiché, d'une manière permanente, sous les yeux des ouvriers.

A la fin de chaque quinzaine, ce rôle est arrêté d'après le nombre d'heures de travail et les prix de journée fixés par la Compagnie, comme s'il s'agissait de travaux à la journée. Nous verrons plus tard dans quel but.

Les *Attachements des travaux* se tiennent sur les imprimés modèles n^os^ 3 et 4, avec lesquels le comptable dresse, chaque mois, quatre registres comme suit :

1° Sur le modèle n° 3, un premier registre pour la fabrication des bandages, des faux-bandages et des frettes ;

2° Sur le modèle n° 4, un second registre pour la réparation des roues motrices, en général, et des roues de machines à marchandises ;

3° Sur le même modèle n° 4, un troisième registre pour la réparation des roues de support et de tender ;

4° Toujours sur le même modèle n° 4, un quatrième registre pour la réparation des roues de voitures et wagons en général.

Cette division de l'attachement en quatre registres a principalement pour but de faciliter le travail ; elle pourrait être étendue ou diminuée sans inconvénient.

Les attachements sont communiqués aux ouvriers chaque fois qu'ils le désirent. Voici comment ils sont rédigés :

Premier registre. — Aussitôt qu'un bandage, un faux-bandage ou une frette, sont terminés, reçus et contrôlés par le contre-maître de l'atelier, le comptable porte dans les colonnes 2, 5, 8, 11, 16, 19 ou 24, selon le cas, la date de réception ; en même temps, il inscrit dans les colonnes 4, 7, 10, 13, 18 ou 21, les numéros de fabrication dans chaque série de bandages ou faux-bandages.

Les colonnes 3, 6, 9, 12, 17, 20 et 26, reçoivent sous forme fractionnaire :

1° Au *numérateur* les quantités d'objets de même espèce reçues et fabriquées ;

2° Au *dénominateur*, les produits de ces quantités par les prix accordés pour chaque opération. A cet effet, ces prix sont toujours indiqués en tête des colonnes de l'attachement.

L'addition des numérateurs est portée dans les colonnes 14, 22 ou 27 ; l'addition des dénominateurs dans celles 15, 23 ou 28.

Dans la colonne 29 sont reportés les totaux partiels des colonnes 15, 23 et 28, et la somme faite de ces totaux, après en avoir retranché les retenues pour mauvaise exécution, fournit une première somme à payer aux associés pour fabrication de bandages, etc.

Dans la colonne des observations on relate les circonstances particulières sur lesquelles il importe d'appeler l'attention.

2°, 3° *et* 4° *Registres.* — Nous avons dit qu'il était plus commode de diviser les attachements des réparations; mais comme dans tous les cas ces attachements se tiendront de la même manière sur les divers registres que l'on croira devoir ouvrir, il nous suffira d'exposer le système général de les rédiger.

A l'inspection seule des colonnes, et, surtout, après les explications données précédemment, rien n'est plus facile que de comprendre la tenue des trois registres qui nous occupent.

Ainsi les roues montées sont toujours classées dans la colonne 1, d'après leur date d'entrée en réparation. Dans la colonne 4 et sous forme fractionnaire on porte au numérateur le poids avant réparation, et au dénominateur le poids après réparation.

La méthode que nous employons pour ne porter en règlement, avec toute certitude, que les roues montées terminées de réparation et livrées au service, consiste à écrire *à l'encre rouge* toutes les opérations du mois, et à recharger les *nombres à l'encre noire* au fur et à mesure des livraisons, en commençant, bien entendu, par faire cette opération sur les colonnes nos 1 et 3.

Cela dit, on comprend facilement l'emploi des colonnes, 69, 70,

71, 72 et 73 du résumé. En effet, dans la colonne 69 on inscrit le total général des produits de tous les travaux du mois ; mais comme les entrepreneurs ne sont réglés que sur les réparations complétement terminées, reçues et livrées, on divise ce total général en deux parties, comme l'indiquent les colonnes 71 et 73.

Les chiffres de la colonne 71 sont écrits à l'encre rouge, ceux de la colonne 73 sont à l'encre noire.

Toutes les écritures rouges sont reportées sur l'attachement du mois qui suit, et l'on fait simplement figurer en ligne de compte des sommes dues aux associés la différence entre les colonnes 73 et 74.

La colonne d'observations sert à annoter toutes les circonstances particulières qui ont pu se présenter dans le cours du mois.

La colonne 71 nous permet, surtout, de fixer, chaque mois, la somme à avancer à l'entreprise sur les travaux en cours d'exécution, et qui sert, pour ainsi dire, de *régulateur* des salaires, en offrant le moyen d'abaisser ou de hausser, dans de certaines limites, la somme à répartir pour bénéfices réalisés dans le courant du mois (1).

Nous devons encore ajouter que l'on peut aussi faire entrer dans cette somme avancée une partie de la valeur représentée par les travaux en cours d'exécution, pour fabrication de bandages, etc.; mais cela ne doit avoir lieu que pour éviter (par suite d'un trop grand nombre de travaux commencés) que le produit des attachements ne descende au dessous du montant des rôles des journées du mois.

Maintenant ces rôles des journées et les attachements étant clos et vérifiés, rien n'est plus facile, à la fin de chaque mois, que de dresser la feuille de répartition imprimée n° 5.

Les colonnes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 10 de cet imprimé, se rem-

---

(1) Il ne s'agit que d'un bénéfice approximatif; le bénéfice réel ne pourrait s'estimer que par un inventaire très rigoureux de tous les travaux commencés. Cet inventaire général ne se fait et n'est nécessaire qu'à l'expiration de l'entreprise.

plissent à l'aide du rôle des journées et des attachements, sans qu'il y ait autre chose à faire qu'à transcrire les résultats exprimés dans ces pièces.

La colonne se remplit de la manière suivante :

On commence par soustraire le montant des journées du produit total des travaux livrés, augmenté de la somme avancée pour travaux en cours d'exécution, et la différence obtenue constitue le bénéfice à répartir entre les divers associés.

Ce bénéfice, divisé par le montant des journés, donne au quotient *le marc le franc* de la répartition.

Ce marc le franc de répartition inscrit dans l'entête de la colonne et multiplié par le montant des journées donne, au produit, la part de bénéfice de chaque associé.

En totalisant la colonne 11 avec la colonne 10, on obtient la colonne 12; la colonne 9 s'obtient aussi sans difficulté.

Nous avons vu que des à-compte généraux étaient délivrés à l'expiration de la première quinzaine de chaque mois ; ce sont ces à-compte, qui s'élèvent ordinairement au montant des journées de la quinzaine, que l'on porte dans la colonne 13, et qui servent à constituer ensuite la colonne 14.

Indépendamment des à-compte de quinzaine, il peut être avancé certaines sommes isolées dans le courant du mois; ces avances sont portées dans la colonne 15.

La colonne 16 est destinée à recevoir le montant des fournitures de comestibles faites aux sociétaires par le comptoir que la Compagnie a fait établir, et tel qu'il résulte d'un état fourni à la comptabilité par le préposé aux distributions.

La colonne 18 sert aux émargements de chaque partie prenante.

La feuille de répartition est toujours affichée dans l'atelier pendant les deux jours qui suivent la paie.

Toutes les pièces de la comptabilité spéciale des roues, avant de revêtir un caractère officiel, sont envoyées à la comptabilité centrale de la division pour y être vérifiées, et passent ensuite sous les yeux

de l'ingénieur des ateliers, qui les certifie. En outre des formalités ci-dessus, les états de répartition doivent encore recevoir l'approbation de l'ingénieur en chef avant d'être présentés à la signature des administrateurs de service.

Une fois toutes les dépenses du mois parfaitement arrêtées au bureau de la division, par la clôture du journal d'entrées tenu dans ce bureau, la clôture des attachements et de la feuille de répartition, il devient très facile de rédiger les prix de revient et de passer les écritures générales de l'atelier des roues.

Nous devons dire que nos prix de revient sont restés, jusqu'ici, assez limités, attendu qu'on n'a pas jugé utile d'ouvrir des comptes particuliers d'entretien de chaque paire de roues montées, mais seulement des comptes par catégories.

Nous ne donnerons donc, jusqu'à présent, que des prix de revient pour fabrication de bandages bruts de forge, que nous considérons, par rapport à l'entretien des roues en général, absolument comme nos bronzes bruts par rapport à l'entretien des machines. Toutes les dépenses en dehors de la fabrication des bandages sont appliquées directement au compte de la catégorie dans laquelle elles incombent.

A la comptabilité spéciale de l'atelier des roues se rattache une annexe de la plus haute importance : c'est la part de renseignements que cette comptabilité doit fournir au bureau de la statistique générale pour établir les états de service des essieux (1).

---

(1) Les deux derniers paragraphes de l'article 9 du titre 2 de l'ordonnance royale sur la police des chemins de fer, du 15 novembre 1846, s'expriment ainsi :

« Il sera tenu, en outre, pour les essieux de locomotives, tenders et voitures de toute espèce, des registres spéciaux sur lesquels, à côté du numéro d'ordre de chaque essieu, seront inscrits sa provenance, la date de sa mise en service, l'époque où il peut avoir subi, son travail, ses accidents et ses réparations ; à cet effet, le numéro d'ordre sera poinçonné sur chaque essieu.

» Les registres mentionnés aux deux paragraphes ci-dessus seront représentés, à toute réquisition, aux ingénieurs et agents chargés de la surveillance du matériel de l'exploitation. »

C'est dans ce but qu'à la suite de chaque livraison effectuée de roues montées réparées, le comptable de l'atelier remplit un imprimé, modèle n° 7, sur lequel il transcrit tout le détail des réparations effectuées à chaque essieu monté, d'après les attachements registres 2, 3 et 4.

La division de nos attachements, outre les avantages que nous lui avons déjà reconnus, présente donc encore celui de faciliter les recherches, lorsqu'il sera demandé tel ou tel renseignement sur les réparations qu'aura pu recevoir tel ou tel essieu.

C'est encore dans le même but de faciliter les recherches que le comptable tient trois registres-répertoires, modèle n° 8, comme suit :

1° Répertoire des réparations des essieux de machines ;
2° — — de tenders ;
3° — — de voitures et wagons.

On comprend facilement qu'avec ces répertoires, dont la tenue n'exige aucune explication particulière, et nos attachements, on puisse répondre très promptement aux questions du genre de celle-ci.

A quelle date a eu lieu la dernière réparation de l'essieu monté de machine n°... ?

Quelle espèce de réparation l'essieu de tender n°... a-t-il reçu au mois de... de l'année... ?

A quelle époque a-t-on changé les bandages de l'essieu monté de la machine à marchandise n°... ?

De quelle provenance étaient les bandages remplaçants ?

Combien de fois cet essieu monté avait-il déjà été réparé depuis sa mise en service ? Etc., etc.

La colonne d'observations de nos attachements nous permet encore d'indiquer les remplacements d'essieux, et, dans ce cas, la provenance de l'essieu remplaçant, etc.

A la connaissance parfaite de toutes ces questions se rattache, comme on le pense bien, un très puissant intérêt. Il est facile de

comprendre, en effet, que les résultats immédiats d'une statistique bien coordonnée doivent être d'éclairer les Compagnies sur les points suivants :

Quel choix faut-il faire entre les différentes usines pour la fourniture des essieux montés, ou même des diverses parties qui les constituent ?

Quels résultats obtient-on de tel ou tel essai de réparation fait dans tel ou tel but ? Etc., etc.

Là se borne tout ce qu'il y avait à dire sur la comptabilité *spéciale* de l'atelier des roues, et sur les renseignements qu'elle doit fournir, pour sa part, au bureau de la statistique générale de l'exploitation.

DIVISION
DU MATÉRIEL.

MOIS
d 18

N°

ATELIERS
DE LA CHAPELLE.

ROUES.

Extrait de l'attachement n°

CHEMIN DE FER DU NORD.

BULLETIN d'avis de réparation d'essieux montés.

DATES des réparations.	NUMÉROS DES ESSIEUX		POIDS DES ESSIEUX		DÉTAIL DES RÉPARATIONS.	PROVENANCE.	DESTINATION.
	de machines ou tenders.	de voitures ou wagons.	avant la réparation.	après la réparation.			

Modèle n° 7.

A le 18

ENREGISTRÉ :

L'Employé à la statistique,

Le Contre-maître de l'atelier,

Le Comptable des roues,

DIVISION
DU MATÉRIEL.

RÉPERTOIRE DES RÉPARATIONS D'ESSIEUX MONTÉS.

ATELIERS
DE LA CHAPELLE.

ROUES.

Numéros des essieux.	DATES DES RÉPARATIONS SUCCESSIVES.	OBSERVATIONS.

Modèle n. 8.

TROISIÈME PARTIE.

Prix de revient.

§ 1er. PRIX DE REVIENT DES BANDAGES BRUTS DE FORGE ET PRÊTS A ALÉSER.

1° Bandages de machines pour roues motrices de 1 mètre 68 centimètres de diamètre de roulement.

Matières	Fer à bandages. . .	400k00			
—	2 coins de soudage.	10k00			
			410k00 à 0 f. 75 c. (1)	307 f.	50 c.
Combustible. . .	Pour refoulage, cintrage, soudage et arrondissage. . . .	355k00 à 0,025		8	87
Main-d'œuvre. .	Refoulage, cintrage, soudage.	11 f. 70 c.			
—	Arrondissage.	2 70			
			14 40		
Frais généraux.	50 0/0 de la main-d'œuvre		7 20		
				21	60
			Total. . . .	337	97

Le déchet total pour toutes les opérations qui précèdent étant de 11 kil., en retranchant ces 11 kil. des 410 kil. que pèsent les matières brutes, et divisant la dépense 337 fr. 97 cent., par la différence 399 kil., on trouve :

0 fr. 8470

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roue motrice prêt à aléser.

---

(1) Le prix de 0 fr. 75 cent. est une moyenne approximative des prix de fournitures actuelles.

2° *Bandages de machines pour roues de support de 1 mètre 60 centimètres de diamètre de roulement.*

Matières.	Fer à bandages. . . .	240k00		
—	2 coins de soudage. .	10 00		
		250k00	à 0f 75	187f 50
Combustible. . .	Pour refoulage, cintrage, soudage et arrondissage. .	310k00	à 0,025	7 75
Main-d'œuvre. . .	Refoulage, cintrage, soudage.	9f 90		
—	Arrondissage.	1 80		
		11 70		
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre.		5 85		
				17 55
			Total.	212 80

Le déchet total pour toutes les opérations qui précèdent étant de 9 kil. 50, en retranchant ces 9 kil. 50 du poids des matières brutes, 250 kil., et divisant la dépense 212 fr. 80 c. par la différence, 240 kil. 50, on trouve :

0 fr. 8848

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roues de support prêt à aléser.

3° *Bandages de voitures et wagons pour roues de 0 mètre 91 centimètres de diamètre de roulement.*

Matières.	Fer à bandage. . . .	155k00		
—	2 coins de soudage. .	8 00		
		163k00	à 0f 60 (1)	97f 50
Combustible. . .	Pour refoulage, cintrage, soudage et arrondissage. . . .	284 00	à 0,025	7 10
Main-d'œuvre. . .	Refoulage, cintrage, soudage.	7f 55		
	Arrondissage.	1 35		
		8 90		
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre.		4 45		
				13 35
			Total.	118 25

Le déchet total pour toutes les opérations qui précèdent étant de 8 kil. 55, en retranchant ces 8 kil. 55 du poids des matières

(1) Le prix de 0 fr. 60 cent. est une moyenne des prix de fournitures actuelles.

brutes, 163 kil., et en divisant la dépense 118 fr. 25 c. par la différence 154 kil. 45, on trouve :

0 fr. 7656

pour prix de revient du kilogramme de bandage de wagon prêt à aléser.

§ 2. PRIX DE REVIENT DES BANDAGES ALÉSÉS, MONTÉS SUR ROUES ET TOURNÉS.

1° Bandages de machines pour roues motrices de 1 mètre 68 centimètres de diamètre de roulement.

Matières.	Un bandage prêt à aléser.			
—	Prix de revient n° 1. . . .	399k00		337f97
Main-d'œuvre. .	Alésage.	2f »		
—	Embattage.	2 70		
—	Tournage.	4 82		
		——	9f52	
Frais généraux.	50 0/0 de la main-d'œuvre.		4 76	
			——	14 28
			Total.	352 25

Le déchet total pour l'ensemble des nouvelles opérations étant de 31 kil. 06, en retranchant ces 31 kil. 06 du poids du bandage prêt à aléser, 399 kil., et divisant la dépense totale, 352 fr. 25 c. par le reste 367 kil. 94, on trouve :

0 fr. 9573

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roues motrices alésé, monté sur roue et tourné.

2° Bandages de machines pour roues de support de 1 mètre 06 centimètres de diamètre de roulement.

Matières.	Un bandage prêt à aléser.			
—	Prix de revient n° 2. .	240k50		212f80
Main-d'œuvre. .	Alésage.	1f35		
—	Embattage.	1 80		
—	Tournage.	2 25		
		——	5f40	
Frais généraux.	50 0/0 de la main-d'œuvre.		2 70	
			——	8 10
			Total.	220 90

Le déchet total pour l'ensemble des nouvelles opérations étant de 20 kil., en retranchant ces 20 kil. du poids du bandage prêt à aléser 240 kil. 50, et divisant la dépense 220 fr. 90 c. par le reste 220 kil. 50, on trouve :

1 fr. 0018

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roues de support alésé, monté sur roues et tourné.

3° Bandages de voitures et wagons pour roues de 0 mètre 91 centimètres de diamètre de roulement.

Matières.	Un bandage prêt à aléser.			
—	Prix de revient n° 3. . 154k45			118f25
Main-d'œuvre. .	Alésage.	»f90		
—	Embattage.	1 35		
—	Tournage.	1 80		
			4 05	
Frais généraux.	50 0/0 de la main-d'œuvre.		2 02	
				6 07
		Total.		124 32

Le déchet total pour l'ensemble des nouvelles opérations étant de 17 kil., en retranchant ces 17 kil. du poids du bandage prêt à aléser, 154 kil. 45, et divisant la dépense 124 fr. 32 c. par le reste 137 kil. 45, on trouve :

0 fr. 9044

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roues de voitures et wagons alésé, monté sur roues et tourné.

§ 3. PRIX DE REVIENT, PAR KILOMÈTRE ET PAR PAIRE DE ROUES, DE L'ENTRETIEN ET RENOUVELLEMENT DES BANDAGES.

4° Roues motrices de 1 mètre 68 centimètres, avec bandages fournissant un parcours de 45,000 kilomètres avant la mise au rebut.

(Profil fig. 8, pl. XIII.)

Matières.	2 bandages posés sur la paire de roues. (Voir aux prix de revient, page 86.). . . . . 2 × 352f25.	704f50
Main-d'œuvre. .	3 rafraîchissages pour arriver au chiffre de 45,000 kilomètres. (Voir au marché pour l'entretien des roues.	
	A reporter	704 f50

	Report		704f 50
	page 113.). . . . . 3 × 4f 95	14 85	
—	Désembattage des deux vieux bandages (Voir page 112). . . . . 2 × 0f 90	1 80	
—	4 manœuvres des roues sur les voies dans les ateliers (Voir page 114). 4 × 0f 35	1 40	
		18 05	
Frais généraux.	A 50 0/0 de la main-d'œuvre.	9 02	27 07
	Total des dépenses.		731 57
	A déduire :		
1°	2 vieux bandages. . . . . 400k × 0f24.	96f »	
2°	Tournures provenant de trois rafraîchissages (Voir page 68). . . . . 112k × 0 08	8 96	
			104 96
	Reste, pour prix de revient des 45,000 kilomètres.		626 61
	Le prix de revient, par kilomètre, sera.	626f 61 / 45,000	0f 0139

2° *Roues de support de* 1 *mètre* 06 *avec bandages fournissant un parcours de* 50,000 *kilomètres avant la mise au rebut.*

(Profil fig. 10, pl. XIII.)

Matières.	2 bandages posés sur la paire de roues (Voir aux prix de revient, page 86 . . . . 2 × 220f 90.		441f 80
Main-d'œuvre.	3 rafraîchissages pour arriver au chiffre de 50,000 kilomètres (Voir au marché pour l'entretien des roues, page 113) 3 × 2f 50.	7f 50	
—	Désembattage des vieux bandages (Voir page 112). . . . 2 × 0f 90.	1 80	
—	4 manœuvres des roues sur les voies dans les ateliers. 4 × 0f 35.	1 40	
		10 70	
Frais généraux.	A 50 0/0 de la main-d'œuvre	5 35	16 05
	Total des dépenses.		457 85
	A déduire :		
1°	2 vieux bandages. . . . . 235k × 0f24.	56 40	
2°	Tournures provenant de trois rafraîchissages (Voir page 68). . . . . 81k × 8f 08.	6 48	
			62 88
	Reste, pour le prix de revient de 50,000 kilomètres.		394 97
	Le prix de revient, par kilomètre, sera.	394f 97 / 50,000k	0f 0079

3° *Roues de voitures et wagons de* 0 *mètre* 91, *avec bandages fournissant un parcours de* 50,000 *kilomètres avant la mise au rebut.*

(Profil fig. 11, pl. XIII.)

Matières.	2 bandages posés sur la paire de roues (Voir aux prix de revient, page 87). 2 × 124f 32.			248f 64
Main-d'œuvre. .	4 rafraîchissages pour arriver au chiffre de 50.000 kilomètres (Voir au marché pour l'entretien des roues, p. 113).	4 × 1f 60	6f 40	
—	Désembattage des vieux bandages hors de service (Voir page 112)	2 × 0 90	1 80	
—	5 manœuvres des roues sur les voies dans les ateliers (Voir page 114).	5 × 0 35	1 75	
			— — 9 95	
Frais généraux.	50 0/0 de la main-d'œuvre.		4 97	
			— —	14 92
	Total des dépenses.			263 56
	A déduire :			
1°	2 vieux bandages.	137k × 0 24	32 88	
2°	Tournures provenant de quatre rafraîchissages (Voir page 68).	68k 52 × 0 08	5 48	
			— —	38 36
	Reste, pour prix de revient des 50.000 kilomètres.			225 20
	Le prix de revient par kilomètre sera.		225f 20 / 50,000k	0f 0045

Pour donner la mesure des avantages que la Compagnie doit retirer de l'adoption du nouveau profil de bandages pour voitures et wagons, établissons, *par anticipation*, le prix de revient par kilomètre de l'entretien et renouvellement de ces bandages, en supposant que l'accroissement de parcours soit très sensiblement proportionnel à l'augmentation d'épaisseur, et que le chiffre total puisse en être porté à. . . . . **87,000 kil.**

4° *Roues de voitures et wagons de* 0 *mètre* 91, *devenues de* 0 *mètre* 94, *avec le profil fig.* 12, *pl.* XIII. (*Bandages fournissant un parcours de* 87,000 *kilomètres avant la mise au rebut.*)

Matières.	2 bandages comme précédemment.			248f 64
—	Valeur du fer brut entrant dans l'augmentation d'épaisseur des deux bandages.			36 »
Main-d'œuvre. .	6 rafraîchissages.		9f 60	
—	Désembattage des vieux bandages. .		1 80	
	A reporter		11 40	284 64

Report 11f40		284 64
— 7 manœuvres des roues sur les voies. 2 45		
	13 85	
Frais généraux	6 97	
		20 82
Total des dépenses.		305 46
A déduire :		
1° 2 vieux bandages.	32 88	
2° Tournures de 6 rafraîchissages.	8 22	
		41 10
Reste, pour prix de revient des 87,000 kilomètres.		264 36
Le prix de revient, par kilomètre, sera.	364f 36 / 87,000k	0f 0030

En comparant les deux nombres 0,0045 et 0,0030, on voit que la nouvelle dépense par kilomètre ne sera plus que les 0,66 de l'ancienne : l'économie réalisée sera donc de 34 p. 0[0.

Comme le chiffre annuel du parcours kilométrique des roues montées de voitures et wagons s'élève, dès à présent, à plus de 80 millions de kilom., on peut affirmer que l'économie résultant de la nouvelle épaisseur adoptée pour les bandages de ces roues atteindra, par an, la somme considérable de 100,000 fr. 00 c.

§ 4. PRIX DE REVIENT, PAR KILOMÈTRE, DE L'ENTRETIEN ET RENOUVELLEMENT DES BANDAGES D'UNE MACHINE ET SON TENDER

1° *Machines à voyageurs.*

Le prix de revient, par kilomètre parcouru, de l'entretien des bandages d'une machine à voyageurs (voir page 88) peut être approximativement évalué 0,0139 + 2 (0,0079) = 0 fr. 0297.

Or, comme le prix actuel d'entretien, par kilomètre, des bandages d'une paire de roues de tender, est très approximativement de. . . . . 0 fr. 0099 (1).

(1) Pour expliquer le chiffre de 0 fr. 0099, nous devons rappeler que les bandages de nos roues de tenders provenant, à l'origine, presque tous de l'usine d'Hayange, n'ont fourni jusqu'à présent qu'un parcours moyen de 35,000 kil.

Il en résulte que le prix de revient, par kilomètre, pour entretien et renouvellement *des bandages* d'une machine à voyageurs et son tender, sera de. . . . . 0 fr. 0495

2° *Machines à marchandises.*

Tous calculs faits, le prix de revient par kilomètre, de renouvellement et entretien des bandages d'une paire de roues de machines à marchandises de 1m,220 de diamètre (6 roues couplées), se trouve être très sensiblement, pour un parcours moyen de 35,000 kilomètres, de. . . . . 0 fr. 0139

On en conclut :

1° Que le prix de revient, par kilomètre, de l'entretien des bandages d'une machine à six roues couplées sera de. . . 0 fr. 0417

2° Que le prix de revient, par kilomètre, de l'entretien des bandages d'une locomotive à marchandises avec son tender, sera de. . . . . 0 fr. 0615

§ 5. PRIX DE REVIENT DU RENOUVELLEMENT DES FUSÉES D'ESSIEUX.

Quelques ingénieurs ont pensé qu'après un certain parcours la texture du fer des essieux, de fibreuse et douce qu'elle était au moment de la mise en service, devenait cristalline et assez cassante pour qu'il soit prudent de retirer de la circulation tous les essieux qui auraient effectué ce parcours de *cristallisation*.

Il nous a été impossible de rattacher quelque fait à cette théorie, et tout en réservant complétement la question, nous admettrons *spécialement*, pour l'établissement du prix de revient de l'entretien des essieux *droits*, que leur parcours peut être indéfini, à la condition de renouveler les fusées lorsqu'elles arrivent, par usure, au *diamètre limite* qui aura été fixé, et pourvu toutefois qu'il ne se déclare aucun indice apparent de rupture, soit sur le corps de l'essieu, soit aux points d'encastrement.

Or, il résulte des recherches auxquelles nous nous sommes livré

que l'usure moyenne des fusées extérieures est, approximativement, sur le chemin du Nord, de *un* millimètre pour 40,000 kilomètres parcourus.

Nous admettrons que cette donnée s'applique également bien aux fusées intérieures, attendu que les faits que nous avons pu observer donneraient un chiffre ne s'écartant pas beaucoup de celui que nous posons.

Dès lors, comme conséquence de ce qui précède et de ce que nous avons déjà dit dans la première partie, pages 59 et 60, nous poserons qu'avant de remplacer les fusées nos diviers essieux effectueront les parcours suivants :

Essieux de voitures et wagons.	120.000 kilom.
Essieux de tenders.	160,000 id.
Essieux de support de machines, fusées intérieures.	300,000 id.
Essieux moteurs droits, fusées intérieures. . .	300,000 id.

Ces chiffres s'appliquent à des fusées non trempées, car il est certain que des fusées cémentées et trempées fourniraient un parcours beaucoup plus considérable.

Les faits que nous avons recueillis nous portent à croire, d'ailleurs, que les fusées les plus dures, roulant dans les coussinets en bronze, aussi les plus durs, fourniraient le maximum de parcours en même temps que le meilleur service.

On a beaucoup essayé et beaucoup vanté, dans ces derniers temps, des métaux dits métaux *anti-friction*, pour la construction des coussinets en général.

Nous ne saurions trop conseiller de prudence dans ces sortes d'essais, car nous avons acquis la conviction que ces métaux *anti-friction*, outre les grandes difficultés qu'on rencontre généralement pour les obtenir homogènes, présentent ordinairement le grave inconvénient d'user beaucoup plus de fusées que les bronzes de bonne qualité (1).

(1) Cette plus grande usure paraîtrait confirmée par les renseignements que

A l'appui de notre conseil, nous devons ajouter que, dans le principe, presque tous nos coussinets de voitures et wagons, ainsi que ceux des tenders, étaient en métal anti-friction, et qu'aujourd'hui la plupart de ces coussinets ont été remplacés par des coussinets en bronze.

Cela posé, revenons au prix de revient du renouvellement des fusées.

1° *Fusées des essieux de tenders.*

Nos calculs sont établis dans l'hypothèse du remplacement des anciennes fusées de 0m,190 de longueur sur 0m,076 de diamètre par les nouvelles fusées de 0m,190 de longueur sur 0m,095 de diamètre.

Avant de détacher les fusées à remplacer, l'essieu pèse en moyenne . . . . . 178 k.

Après avoir détaché les fusées, le tronçon d'essieu pèse 160

Avec les nouvelles fusées, l'esssieu pèse :

Brut de forge. 200

Terminé de tour et rainures faites. 185

PRIX DE REVIENT DES FUSÉES BRUTES DE FORGE.

Matières	Fer fabriqué au pilon dans les ateliers	92k00 × 0f 44 : 40f 48		
—	Charbon de forge.	115 00 × 0,025 : 2 87		
			43	35
Main-d'œuvre . .	Soudage et dressage des deux fusées (marchandage).	20 00		
Frais généraux	à raison de 50 0/0 de la main-d'œuvre	19 00		
			30	00
	Total de la dépense. . . .		73	35
A déduire :	Deux vieilles fusées	18k0 × 0f 24 : 4f 32		
	Riblons de forge	4 0 × 0 08 : 0 32		
			4	64
	Reste pour prix de revient des deux fusées brutes de forge. . .		68	71

MM. Flachat et Polonceau ont bien voulu nous communiquer, et desquels il résulte qu'*un millimètre* d'usure sur les fusées de wagons de Saint-Germain et d'Orléans correspond à un parcours de plus de 100,000 kilomètres.

Comme ces deux fusées représentent un poids de 200—160= 40 kilogrammes, on voit :

Que le prix de revient du kilogramme est de $\frac{68\,71}{40}$. . . . 1 f 72

2° *Fusées d'essieux de voitures et wagons.*

Les calculs sont faits dans l'hypothèse du remplacement des fusées de 0m,127 de longueur sur 0m,057 de diamètre par des fusées de 0m,200 de longueur sur 0m,075 de diamètre.

Avant de détacher les fusées à remplacer, l'essieu pèse approximativement. . . . . 117 k.

Après avoir détaché les fusées, le tronçon d'essieu pèse 104

Avec les nouvelles fusées, l'essieu pèse :

Brut de forge 130

Terminé de tour et rainures faites 118

PRIX DE REVIENT DES FUSÉES BRUTES DE FORGE.

Matières	Fer fabriqué au pilon dans les ateliers	58k 00 × 0 44	25f 52	
—	Charbon de forge	85 00 × 0,025	2 12	
				27 64
Main-d'œuvre. .	Soudage et dressage (marchandage). . .		12 00	
Frais généraux.	50 0/0 de la main-d'œuvre		6 00	
				18 00
	Total			45 64
A déduire :	Deux vieilles fusées	7k 00 × 0 24	1 68	
	Riblons de forge.	4 00 × 0 08	0 32	
				2 00
	Reste pour le prix de revient de deux fusées brutes de forge. . .			47 64

Comme ces deux fusées représentent un poids de 130—104= 26 kilogrammes, on voit :

Que le prix de revient du kilogr. est de $\frac{4764}{26}$ 1f 83

On peut désirer savoir jusqu'à quel point le remplacement des fusées, dans les conditions que nous venons d'examiner, est une opération avantageuse.

Pour résoudre la question, nous admettrons :

Que les essieux neufs, bruts de forge pour tenders, soient offerts par le commerce à 60 fr. les 100 kilogrammes, et les essieux de wagons à 58 fr.

Un essieu de tender brut pesant 300 kilog. coûtera 120 fr.

Un essieu de voitures et wagons pesant 130 kilogrammes coûtera 75 fr. 40 c.

Il faut qu'après nos opérations de forge nos prix de revient ne dépassent pas ces chiffres; ce que nous écrivons de la manière suivante, en représentant par x la valeur à attribuer à la partie utilisée du vieil essieu :

Essieux de tenders	120 fr.	$= 68{,}71^{f} + 160^{k} \times x$
Essieux de voitures et wagons	75	$= 47{,}64 + 104 \times x'$

Toutes opérations faites, $x = 0$ fr. 32 et $x' = 0$ fr. 26.

Si donc on parvient à revendre les vieux essieux à des prix même inférieurs à 0 fr. 32 d'une part et 0 fr. 26 de l'autre, il conviendra de le faire en remplaçant les essieux à fusées usées par des essieux entièrement neufs, qui offriront toujours plus de garanties que les essieux à fusées rapportées.

Comme dans tous les cas le remplacement des fusées sera toujours, au point de vue financier, une opération peu avantageuse, nous admettrons, dans nos prix de revient d'entretien par kilomètre, qu'un essieu à fusées usées sera généralement remplacé par un essieu entièrement neuf.

§ 6. PRIX DE REVIENT DE LA TREMPE DES FUSÉES EXTÉRIEURES.

Nous avons parlé de la trempe des fusées, et nous croyons devoir indiquer à quelles conditions *approximatives* nous l'obtenons.

Nos fourneaux sont jusqu'à présent des fourneaux *volants* que le chauffeur à la trempe construit lui-même d'après la forme et le volume des pièces à tremper.

Nos caisses sont en tôle de 8 à 10 millimètres d'épaisseur, et contiennent dix fusées.

PRIX DE REVIENT POUR 10 FUSÉES OU 5 ESSIEUX.

Matières	Menu coke	350k00	× 0f 02	7f 00	
—	Fagots d'allumage.	5 »	× 0 10	0 50	
—	Terre à four.	1h »	× 0 50	0 50	
—	Briques mises hors de service	25 »	× 0 04	1 00	
—	Suie pour cément.	10k »	× 0 18	1 80	
—	Charbon de bois pour id. . .	0h25	× 1 75	0 43	
					11f 23
Main-d'œuvre pour construction de fours, surveillance et nettoyage des fusées . .		4 0	× 3f 00	12 00	
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre				6 00	
					18 00
			Total pour cinq essieux. . . .		29 23
			Pour un essieu le prix de revient sera $\frac{29\ 23}{5}$. .		5 85

Ce chiffre est aussi bien applicable aux essieux de tenders qu'aux essieux de voitures et wagons. Il faut d'ailleurs le considérer comme un *maximum* susceptible de descendre à près de 5 fr. avec une installation convenable.

§ 7. PRIX DE REVIENT PAR KILOMÈTRE DE L'ENTRETIEN ET RENOUVELLEMENT DES ESSIEUX EN GÉNÉRAL.

1° *Essieux moteurs droits fournissant un parcours de* 300,000 *kilomètres avant la mise au rebut* (1).

Matières	Acquisition d'un essieu neuf brut.	375 × 0f 843		316f 87
Main-d'œuvre . .	Centrage, tournage et recentrage après tournage (marchandage)	15 »		
—	Amorçage, au burin, des quatre rainures.	1 50		
	A reporter	16 50		316f 87

(1) Il est sans doute intéressant de faire ressortir la supériorité des essieux droits sur les essieux coudés. Au chemin de fer de Saint-Germain, l'entretien des essieux coudés, par essieu et par kilomètre, s'élève actuellement au chiffre énorme de 0 fr. 05.

Il y a lieu toutefois de faire remarquer que ce chiffre de 0 fr. 05 va s'abaisser beaucoup, par suite des nombreuses améliorations apportées récemment dans la fabrication des essieux coudés en général.

	Report	16f50		316f87
—	Rabotage de ces rainures	3 »		
—	Décalage de l'essieu hors de service	5 40		
—	Calage de l'essieu neuf	9 »		
—	60 vérifications de l'essieu pour arriver au chiffre de 300,000 kilomètres. . . . . 60 × 0f 35.	21 »		
			54 90	
Frais généraux. 50 0/0 de la main d'œuvre.			27 45	
				82 35
			Total. . . .	399 22
A déduire : Un vieil essieu	287k × 0f 35.		100 45	
Copeaux de tour	88 × 0 08.		7 04	
				107 49
Reste pour prix de revient des 300,000 kilomètres				291 73
Le prix de revient, par kilomètre, sera $\frac{291\ 73}{300\ 000}$. .				0f000,97

2° *Essieux de support à fusées intérieures, fournissant un parcours de* 300,000 *kilomètres avant la mise au rebut.*

Matières . . . . . Acquisition d'un essieu neuf brut.	262k × 0f 845			221f 39
Main-d'œuvre. . Centrage, tournage et recentrage après tournage (marchandage)		10 »		
— Amorçage, au burin, des quatre rainures		1 50		
— Rabotage de ces rainures.		3 »		
— Décalage de l'essieu hors de service		2 70		
— Calage de l'essieu neuf		5 40		
— 60 vérifications de l'essieu pour arriver au chiffre de 300,000 kilomètres. . . . . 60 × 0f35		21 »		
			43 60	
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre			21 80	
				65 40
			Total. . . .	286 79
A déduire : Un vieil essieu	220 × 0f 35.		77 »	
Copeaux de tour	42 × 0 08.		3 36	
				80 36
Reste pour le prix de revient des 300,000 kilomètres. . . .				206 43
Le prix de revient, par kilomètre, sera $\frac{206\ 43}{300\ 000}$.				0f000 69

3° *Essieux de tenders de* 0m,080 *de diamètre, fournissant un parcours de* 160,000 *kilomètres avant la mise au rebut.*

Matières . . . . . Acquisition d'un essieu brut de forge.	200k × 0,80			160f »
Main-d'œuvre. . Centrage, tournage et recentrage				
			A reporter	160f »

		Report		160f »
	après tournage (marchandage)	7f50		
—	Amorçage, au burin, des quatre rainures	1 50		
—	Rabotage de ces rainures	3 »		
—	Décalage de l'essieu hors de service	2 70		
—	Calage de l'essieu neuf	5 40		
—	30 vérifications successives de l'essieu pour arriver au parcours de 160,000 kilomètres, 30 × 0,35. .	10 50		
			30 60	
Frais généraux.	50 0/0 de la main d'œuvre.		15 30	
				45 90
		Total. . . .		205 90
A déduire : Un vieil essieu	185k × 0,35.		64 75	
Tournures	22 × 0,08.		1 76	
				66 51
Reste pour prix de revient des 160,000 kilomètres.				139 39
Le prix de revient, par kilomètre, sera $\frac{139\ 39}{160000}$				0f000, 87

4° Essieux de voitures et wagons, ancienne fusée de 0m,080, *fournissant un parcours de* 120,000 *kilomètres avant la mise au rebut.*

Matières	Acquisition d'un essieu neuf brut de forge. . 120k» × 0f 58. . . .			69f 60
Main-d'œuvre . .	Centrage, tournage et recentrage, après tournage (marchandage)	5 00		
—	Amorçage, au burin, des deux rainures	0 75		
—	Rabotage de ces rainures.	1 50		
—	Décalage de l'essieu hors de service	2 30		
—	Calage de l'essieu neuf	2 70		
—	24 vérifications successives de l'essieu pour arriver au parcours de 120,000 kilomètres	8 40		
			20 65	
Frais généraux.	50 0/0 de la main d'œuvre.		10 37	
				31 02
		Total.		100 62
A déduire : Un vieil essieu.	111k × 0f 35.		38 85	
Tournures.	9 × 0 08.		0 72	
				39 57
Reste pour prix de revient des 120,000 kilomètres.				61 05
Le prix de revient, par kilomètre, sera $\frac{61\ 05}{120000}$				0f000,51

Nous avons dit que très probablement les roues à rayons fer à T

pour machines et tenders seraient successivement abandonnées. Nous aurions bien désiré, pour justifier cette assertion, pouvoir donner quelques chiffres sur l'entretien comparé de ces roues et des nouvelles roues en fer forgé que la Compagnie a définitivement adoptées pour les machines et tenders; mais nous manquons pour cela des éléments nécessaires.

Ces chiffres pourront être fixés plus tard avec une très grande exactitude en s'appuyant sur les registres de la statistique du parcours des essieux.

En ajoutant dès lors cette dernière donnée qui nous manque, *l'entretien des roues proprement dites,* aux deux éléments que nous venons de fixer, l'entretien des bandages et l'entretien des essieux, on pourra facilement établir avec une grande exactitude les prix de revient de l'entretien des roues montées, en général, par paire de roues et par kilomètre.

QUATRIÈME PARTIE.

Spécifications, — Marchés, — Devis et Inventaire.

§ 1er. SPÉCIFICATION POUR LA FOURNITURE DE ROUES MONTÉES DE VOITURES ET WAGONS.

Les roues et essieux seront conformes aux plans.

Les paires de roues seront complétement assemblées et clavetées sur leur essieu.

Chaque roue sera formée par un centre, un faux cercle, une clavette, sept rivets et un bandage à rebord.

Le centre est composé d'un moyeu en fonte et de sept rais en fer dont la section et la forme sont indiquées au plan.

Les essieux seront tournés sur toute leur longueur, à l'exception de la partie cylindrique centrale et des deux troncs de cône.

Sur chaque portée de calage il y aura une entaille exécutée avec précision.

Le moyeu sera alésé et recevra une entaille pour le calage.

L'extérieur du faux cercle sera tourné.

Le bandage sera tourné et alésé sur toutes faces.

Les clavettes seront exactement calibrées.

Les dimensions rigoureusement exigées sans tolérance sont les suivantes :

	m
Diamètre de l'essieu au calage,	0,105
Ecartement du bandage des roues,	1,362
Diamètre extérieur du faux cercle,	0,830
Distance d'axe en axe des fusées,	1,907

Diamètre des fusées,	0,060
Longueur des fusées,	0,127
Inclinaison de la surface des bandages,	$\frac{1}{10}$
Largeur des entailles de calage,	0,019
Epaisseur des clavettes,	0,014

Le diamètre des essieux au calage devant être rigoureusement de 0^{m},105, le trou du moyeu sera alésé à un diamètre un peu moindre, de manière à s'assembler à frottement très dur, et de sorte cependant que l'on puisse monter une paire de roues indistinctivement sur tous les essieux.

Il sera remis des gabarits pour la section des bandages des roues, et aussi pour vérifier la fusée des essieux, leur écartement et leur congé de raccordement.

L'épaisseur des bandages devra être de 0^{m},04 au moins au milieu ; cette épaisseur pourra être plus forte, pourvu que le profil extérieur s'accorde avec le gabarit, et pourvu que les deux roues montées sur le même essieu aient rigoureusement le même diamètre extérieur. Il y aura sept rivets pour réunir les bandages aux roues ; ils seront montés comme il est indiqué aux plans.

Les essieux seront en fer au bois corroyé, de première qualité et fabriqué *ad hoc* au marteau. Ils pourront être soumis aux mêmes épreuves que les essieux d'artillerie.

Les rais dont la section est indiquée au plan seront en fer de bonne qualité, ainsi que le faux cercle.

Le moyeu sera en fonte de deuxième fusion de première qualité, coulée avec soin ; on fera traverser le moule par une quantité de matière en fusion qui sera au moins le double de celle réellement nécessaire, afin d'élever à une haute température les rais en fer et de faciliter leur réunion à la fonte. Celle-ci devra être sans soufflures ni cavités intérieures.

Les bandages seront fabriqués en fer de forge de première qualité, provenant de fontes au bois, d'une qualité parfaitement homogène, dure et aciéreuse.

Les clavettes d'assemblage seront en acier, calibrées ; les entailles de la roue et de l'essieu devront être mandrinées avant la pose de la clavette.

Le nom du fabricant devra être placé sur chaque roue et sur la face intérieure du moyeu.

La marque de la forge et celle du fabricant seront poinçonnées sur chaque essieu en dedans des roues, et près de la partie qui s'engage dans les moyeux.

Les fusées devront être graissées et emmaillotées pour être préservées de la rouille.

§ 2. MARCHÉ POUR LA FOURNITURE DE. . . . . PAIRES DE ROUES MONTÉES.

ENTRE :

La Société anonyme du chemin de fer du Nord, dont le siége est à Paris, embarcadère dudit chemin, clos Saint-Lazare,

D'UNE PART,

et M. . . . . , propriétaire des ateliers de construction de . . . . . .

D'AUTRE PART,

Il a été fait et convenu ce qui suit :

Art. 1^er^. M. . . . . s'engage à construire et établir pour la Compagnie du chemin de fer du Nord. . . . *paires de roues* montées sur les essieux.

Art. 2. Les roues et les essieux seront faits conformément au plan et à la spécification annexés au présent marché. Chaque roue sera formée d'un moyeu en fonte, sept rais en fer plat, un faux cercle et un bandage. Le bandage sera fixé sur le cercle de la roue par sept rivets, et chaque roue sera fixée sur l'essieu par une clavette en acier.

Art. 3. Le diamètre extérieur des portées de l'essieu, pour le calage des roues, sera exactement de 0^m^,105 ; le moyeu sera alésé sur un diamètre un peu inférieur, de façon que le calage soit fait à frot-

tement dur. Le diamètre extérieur du faux cercle sera rigoureusement de 0m,30 sans tolérance. Toutes les dimensions indiquées dans la spécification doivent être rigoureusement suivies.

Art. 4. Les essieux seront en aussi bonne qualité et pourront être soumis aux mêmes épreuves que les essieux d'artillerie.

Les bandages seront en fer de première qualité provenant de fonte au bois, affiné au bois et corroyé; ils seront façonnés au marteau, et ne passeront au laminoir que pour recevoir leur forme définitive. La direction des soudures devra être perpendiculaire à la surface de roulement. Ils seront conformes, pour la qualité, aux échantillons déposés par M. . . . . et marqués de son timbre.

L'exécution et le montage des roues devront être faits avec le plus grand soin et la plus grande précision.

La Compagnie pourra, pour s'assurer de la qualité des matières et de la bonne exécution, procéder à toutes les épreuves qui lui paraîtront nécessaires, et les frais auxquels ces épreuves donneraient lieu dans les ateliers seront à la charge de M. . . . . .

L'entrée des ateliers de M. . . . . sera toujours accordée aux agents de la Compagnie chargés de surveiller la fabrication et le montage des paires de roues.

Art. 5. La livraison des paires de roues montées sur leurs essieux aura lieu aux ateliers de la Compagnie, à La Chapelle, dans l'année 18 , à raison de. . . paires de roues par mois à dater du. . . Les transports sont à la charge de M. . . . . , mais acquittés à son débit par la Compagnie.

Art. 6. La réception provisoire des paires de roues sera faite à Paris dans les ateliers de la Compagnie. Il sera appliqué en présence des agents de M. . . . . un numéro d'ordre et la marque du chemin de fer sur le milieu de l'essieu.

La Compagnie du chemin de fer aura le droit de refuser les paires de roues qui présenteront des défauts, et celles dont les dimensions ne seront pas conformes aux plans et à la spécification.

Pendant un délai de quatre mois, à partir de la réception provi-

soire, M. . . . . reste garant des roues et essieux. Il remplacera en conséquence, ou remettra en état, celles qui présenteront des défauts provenant de vices de construction et de mauvaise qualité des matières, l'usure et le laminage des cercles exceptés.

Art. 7. Le prix des paires de roues montées sur leur essieu est fixé à . . . fr. par 100 kilogrammes; dans le cas où, pour devancer les époques de livraisons et à la demande de la Compagnie, le transport serait effectué par terre, le prix serait accru de. . . .

Art. 8. En cas de retard dans la livraison, dont les termes sont fixés à l'art. 5, il sera fait une retenue de 5 fr. par semaine de retard et par paire de roues.

Art. 9. Les contestations qui pourraient s'élever entre la Compagnie et M. . . . . au sujet de l'exécution du présent marché seront portées devant le tribunal de commerce de Paris. Jusqu'à l'entière et parfaite exécution du présent marché, tous actes de mise en demeure, toutes assignations ou actes d'appel, même toutes significations de jugements ou autres décisions, offres réelles, etc., seront valablement signifiés au domicile élu à Paris par M. . . ., la Compagnie du chemin de fer du Nord élisant de son côté domicile à Paris, à l'embarcadère, clos Saint-Lazare.

Art. 10. L'enregistrement du présent sera à la charge de celle des parties qui y aura donné lieu.

Fait double à Paris, le. . . . .

§ 3. SPÉCIFICATION POUR LA CONSTRUCTION DE GRANDS TOURS A ROUES, COMMANDÉS A M. . . . . EN VERTU DU MARCHÉ SIGNÉ LE. . . . . 1849.

CONDITIONS GÉNÉRALES.

1° *Plateaux et engrenages.*

Les plateaux des trois espèces de tours commandés à M. . . . , en vertu du marché signé le. . . . . 1849, seront disposés pour

recevoir des manchons qui permettent de saisir à volonté, par leurs collets, les essieux à fusées extérieures.

Ces plateaux seront fondus d'une seule pièce avec les arbres, mais leurs dentures seront en plusieurs segments rapportés sur une couronne *ad hoc* et fixés au moyen de fortes vis dans cette couronne.

Les dimensions des dents seront les mêmes dans les trois tours, ainsi que celle des pignons.

Les modèles des dentures devront être assez parfaits pour qu'il ne soit pas nécessaire de tailler les dents pour les faire engrener rigoureusement d'après les règles de l'art.

Cette condition est non seulement applicable aux dentures des plateaux, mais encore à celles des engrenages intermédiaires.

Les arbres portant les pignons seront de même diamètre dans les trois espèces de tours.

Les deux porte-pointes d'un même tour seront mobiles et devront être arrêtés sur le devant des plateaux par une disposition qui assure une fixité parfaite.

Des appareils pour recevoir la buttée des pointes et régler leur saillie devront être établis sur chaque poupée.

2° *Poupées.*

La poupée opposée à celle portant le cône de transmission devra pouvoir s'avancer au moyen d'un système analogue à celui employé pour les tours déjà livrés par M. Calla à la Compagnie.

Tous les bronzes des coussinets seront fondus au titre de 20 d'étain pour 80 de cuivre.

3° *Porte-outils.*

Les patins des chariots porte-outils seront garnis de baguettes en V, pénétrant dans les entailles analogues ménagées dans les bancs. Ces baguettes seront écartées d'environ $0^m,080$ d'axe en axe ; elles seront disposées, sur la surface, de manière à laisser autant de vide que de plein.

Les patins seront terminés à leur partie supérieure par un plateau

circulaire de même surface que le plateau de superposition du chariot, tel qu'il est dit au paragraphe suivant.

La base des chariots sera disposée en forme de plateau circulaire, de manière à pouvoir se fixer aux plateaux des patins par des boulons qui assureront l'invariabilité des positions respectives. La partie supérieure des chariots sera établie conformément aux modifications en construction pour les chariots de rechange commandés par la Compagnie pour les tours en activité dans les ateliers de La Chapelle.

Les vis de serrage des outils devront être guidées par des écrous en fer rapportés dans la fonte. Ces vis seront terminées par une partie en acier arrondie et trempée.

Les outils pourront avoir $0^m,050$ de côté.

Le rapport entre la vitesse de la courroie sur la poulie du milieu des cônes moteurs et la vitesse devant l'outil sera constant. Ce rapport sera d'environ 25 à 1.

Les cônes moteurs seront tous à 5 diamètres.

Les plans d'exécution seront soumis à l'approbation des ingénieurs en ce qui concerne les dispositions des appareils.

CONDITIONS PARTICULIÈRES.

1° *Grand tour double pour tourner et aléser les bandages des roues de* $2^m,10$ *de diamètre* (*machines Crampton*).

Ce tour sera conforme au dessin annexé au marché, et devra satisfaire à toutes les prescriptions de la présente spécification.

La plaque de fondation sera d'une étendue convenable pour que les poupées ne portent pas à faux lorsqu'on montera en pointes des roues d'arrière des machines Crampton.

La distance entre les plateaux dans leur position la plus écartée sera de $2^m,650$, et, dans leur position la plus resserrée sera de 2^m100; la hauteur des pointes de $1^m,270$.

Les pointes devront pouvoir sortir de $0^m,420$.

2° *Moyen tour double pour tourner et aléser les bandages des roues de* 1^{m},42 *de diamètre de roulement..*

Les dispositions générales du tour n° 2 seront conformes à celles du tour n° 1.

La plaque de fondation sera de même longueur que celle du tour pour roues motrices. La largeur sera mise en parfaite harmonie avec les diamètres des roues à tourner.

La distance entre les plateaux dans leur position extrême sera, comme pour le tour précédent, de 2^{m},650.

La hauteur des pointes ne devra pas être au-dessous de 0^{m},860.

Ces pointes pourront sortir de 0^{m},420.

3° *Petit tour double pour tourner et aléser les bandages des roues de wagons jusqu'à* 1^{m},06 *de diamètre.*

Les dispositions générales du tour n° 3 seront conformes à celles du tour n° 1.

La distance entre les plateaux, dans leur position extrême, sera de 2^{m},22.

Les deux porte-pointes seront mobiles, comme dans les deux tours précédents. Leur diamètre sera au moins de 0^{m},080 ; ils devront pouvoir sortir chacun de 0^{m},200

La hauteur des pointes sera au moins de 0^{m},680.

§ 4. — MARCHÉ POUR LA FOURNITURE DE GRANDS TOURS A ROUES.

Entre la société anonyme du chemin de fer du Nord, dont le siége est à Paris, à l'embarcadère dudit chemin, clos Saint-Lazare, représentée par MM. . . . . .
ses administrateurs, d'une part;

Et M. . . . . , demeurant

à. . . . . rue d . . . . . n° . .

d'autre part,

Il a été fait et convenu ce qui suit :

Art. 1er. M. . . . . s'engage à construire et établir pour le chemin de fer du Nord, qui accepte, les tours à roues désignés ci-après.

Art. 2. Ces tours seront conformes aux plans et à la spécification annexés au présent marché, et contiendront toutes les améliorations nouvellement introduites par les meilleurs constructeurs, et encore celles auxquelles pourra donner lieu l'étude des machines-outils du même genre en service dans les ateliers de la Compagnie.

Art. 3. Tous les matériaux employés à la construction des tours seront de la meilleure qualité et du premier choix. L'exécution devra être égale, sous tous les rapports, à celle des meilleures machines-outils provenant des ateliers les mieux organisés.

M. . . . . s'engage à apporter dans la construction de ces outils tous les perfectionnements non compris dans les plans ou a spécification, qui pourront paraître utiles en cours d'exécution, et il déclare s'en rapporter, sur ce point, à l'équité de M. Clapeyron, conseil de la Compagnie.

La Compagnie pourra, pour s'assurer de la qualité des matériaux et de la bonne exécution des tours, procéder dans les ateliers de M. . . . . à toutes les épreuves qui lui paraîtraient nécessaires, et les frais auxquels ces épreuves donneraient lieu seront à la charge de M. . . . . .

L'entrée des ateliers de construction de M. . . . . sera toujours accordée aux agents de la Compagnie chargés de surveiller la fabrication et la construction desdits tours.

Art. 4. La fourniture faisant l'objet du présent marché se composera :

1° D'un grand tour double n° 1, combiné pour tourner et aléser les bandages des roues de $2^{m},10$ de diamètre ;

2° D'un moyen tour double n° 2, pouvant aléser et tourner les

bandages des roues des machines à marchandises et ceux des roues d'avant des machines Crampton ;

3° De trois tours doubles n° 3, destinés à tourner et aléser les bandages des roues de wagons, jusqu'à 1m,06 de diamètre de roulement.

Art. 5. La réception des tours, donnant lieu au paiement du troisième quart du prix mentionné à l'article suivant, sera faite dans les ateliers de la Compagnie, à la Chapelle-Saint-Denis, lorsqu'il aura été constaté que lesdits tours fonctionnent bien.

A cet effet, le constructeur se soumet d'avance à tous les essais qui seront jugés nécessaires pour constater la bonne exécution.

Les frais de transport et de montage dans les ateliers de la Compagnie seront à la charge de M. M. . . . . .

Le prix des cinq tours faisant l'objet du présent marché est fixé à la somme de *quarante-deux mille francs.* Ce prix comprend, pour le tour n° 1, la grande lunette portée sur le plan; et pour les cinq tours, les transmissions intermédiaires, les poulies motrices à placer sur l'arbre et quatre tocs traîneurs par tour.

Les poulies à placer sur l'arbre principal de l'atelier seront en deux parties.

Art. 6. Les paiements seront faits :

Un quart à la signature du marché ;

Un quart après la fonte des pièces de moulage ;

Un quart à la livraison ;

Un quart après trois mois de travail, servant de délai de garantie.

Toutes les ruptures qui pourraient avoir lieu dans cet intervalle de temps seront à la charge du constructeur, lorsqu'elles pourront être attribuées à un défaut de qualité ou d'exécution.

Art. 7. Les outils faisant l'objet du présent marché seront livrés à la Compagnie et montés, au plus tard, dans les ateliers de La Chapelle, quatre mois après la signature de ce marché. Il sera fait une retenue de un dixième sur les fournitures qui ne seraient pas faites

dans le délai stipulé, sans qu'il soit besoin de mise en demeure, l'indemnité ci-dessus étant acquise à la Compagnie par la seule échéance du terme.

Art. 8. Les contestations qui pourraient s'élever entre la Compagnie et M. M. . . . au sujet de l'exécution du présent marché seront portées devant le tribunal de commerce de Paris, jusqu'à l'entière et parfaite exécution du présent marché ; tous actes de mise en demeure, toutes assignations ou actes d'appel, même toutes significations de jugements ou autres décisions, offres réelles, etc., seront valablement signifiés au domicile élu à . . . par M. ; la Compagnie du chemin de fer du Nord élisant de son côté domicile à Paris, à l'embarcadère, clos Saint-Lazare, son siége actuel.

Art. 9. L'enregistrement du présent sera à la charge de celle des parties qui y aura donné lieu.

Fait double à Paris, le

§ 5. MARCHÉ POUR L'ENTREPRISE DE LA RÉPARATION DES ROUES.

L'entreprise s'applique généralement à tous les travaux de réparation des roues qui entrent dans le matériel de la Compagnie, et comprend toutes les manœuvres nécessaires pour amener les objets à pied-d'œuvre, les reconduire à l'économat, au dépôt ou au montage.

Elle est confiée à la Société *anonyme* des roues, et devra durer un an, à dater du 1er octobre 1848.

Les travaux que l'entreprise renferme peuvent être définis comme suit :

1° Construction et pose des bandages ou faux-bandages ;

2° Entretien et pose des bandages ou faux-bandages ;

3° Redressage et centrage des essieux en général ;

4° Tournage et alésage des bandages ou faux-bandages, neufs ou vieux ;

5° Rafraîchissage des roues montées de tous les systèmes ;

6° Pose des rivets de tous genres et de coins d'entre-rayons;

7° Tôlage des bandages ou faux-bandages;

8° Calage et décalage des roues;

9° Frettage des moyeux;

10° Et enfin, manœuvres générales des roues, sur les voies et dans les ateliers, entre l'économat, le dépôt et les ateliers.

Il pourra être ajouté aux opérations ci-dessus définies certains autres travaux de forge ou de tour, à des prix consentis par la Société.

Les prix concédés par le présent marché aux entrepreneurs, pour la durée de l'entreprise, ne pourront, dans tous les cas, s'appliquer qu'aux travaux qui seront bien et dûment reçus par les contre-maîtres, et constatés, d'ailleurs, par les attachements de la comptabilité.

Les sommes allouées pour travaux exécutés et reçus, comme il vient d'être dit, serviront d'abord à acquitter les salaires de tous les sociétaires, tels qu'ils ressortiront des taux de journée fixés par la Compagnie pour chacun d'eux. Ce qui restera disponible, après ce premier prélèvement, constituera le bénéfice de la Société et sera réparti, par les soins de la comptabilité, entre tous les sociétaires, au prorata des salaires.

Le nombre et la désignation des ouvriers faisant partie de la Société seront réglés, sur la proposition des contre-maîtres, en raison des besoins du service.

La Compagnie conserve, vis-à-vis de tous les membres de la Société, le droit de renvoi pour faute grave, lequel sera prononcé par l'ingénieur de l'atelier, sur la proposition du contre-maître. Le compte de l'ouvrier renvoyé sera réglé jusqu'au jour de son renvoi, conformément aux règles établies ci-dessus.

Les taux des journées pourront être révisés chaque mois, sur la proposition du contre-maître, de manière à ce que ces taux représentent toujours, aussi exactement que possible, le travail et l'intelligence développés par chacun des membres de la Société.

Dans tous les cas où la Compagnie apporterait des perfectionne-

ments dans le système de travail adopté aujourd'hui, ou si elle venait à introduire l'emploi de nouveaux appareils pour la réparation des roues, elle aurait le droit de faire cesser les anciens procédés, et, dès lors, les travaux destinés à les remplacer deviendraient l'objet d'un nouveau traité avec la Société actuelle ou toute autre société.

La série des prix reste fixée comme suit pour la durée de l'entreprise, commençant, ainsi qu'il a été dit plus haut, au 1er octobre 1848 et finissant au 1er octobre 1849.

1. *Fabrication des bandages et faux-bandages terminés de forge.*

Bandages de roues motrices ou à marchandises	Refoulage des barres	1 f 80	11f 70
	Cintrage	2 70	
	Soudage par coins	7 20	
Bandages de roues de support et de tender	Refoulage des barres	1 80	9 90
	Cintrage	1 80	
	Soudage par coins	6 30	
Bandages de roues de wagons quelconques	Refoulage des barres	1 35	7 55
	Cintrage	1 35	
	Soudage par coins	4 85	
Faux-bandages de roues motrices	Refoulage et cintrage	1 35	4 05
	Soudage	2 70	
Faux-bandages de toutes autres roues	Refoulage et cintrage	» 90	2 70
	Soudage	1 80	

2. *Arrondissage et dressage sur champ des bandages et faux-bandages.*

Bandages de roues	motrices ou à marchandises	2 70
	de support ou tender	1 80
	de wagon, tout diamètre	1 35
Faux-bandages	pour roues motrices	1 35
	pour toutes autres roues	» 90

3. *Embattage ou désembattage, en neuf ou vieux.*

Embattage d'un bandage de roue	motrice ou à marchandises	2 70
	de support ou tender	1 80
	de wagon, tout diamètre	1 35
Embattage d'un faux-bandage	de roue motrice à marchandises	1 80
	pour toutes autres roues	1 35
Désembattage d'un bandage bon pour le service ou à mettre au rebut.		» 90

4. *Tôlage des bandages ou faux-bandages.*

(Il est bien entendu qu'on emploie du feuillard pour cette opération.)

Tôlage d'une roue	motrice ou à marchandises	2 50
	de support ou tender	1 60
	de wagon, tout diamètre	1 35

5. *Rétrécissement des faux-bandages.*

(L'opération comprend le désembattage et le réembattage.)

Pour désembattre, rétreindre et embattre un faux-bandage.....	de roue motrice ou à marchandises.	2f 70
	de roue de tender ou support.....	1 80
	de roue de wagon, tout diamètre....	1 35

6. *Frettage des moyeux.*

Opération de tour sur les deux côtés du moyeu, pour toute espèce de roues, pour un moyeu.....	1 35
Construction des frettes, alésages compris, le kilogramme.....	» 35

7. *Redressage et centrage d'essieux.*

Pour redresser un essieu.....	de support ou tender.....	2 70
	de wagon, quelle que soit la forme..	1 80
Pour vérifier et revivifier les centres d'un essieu quelconque...	de machine, tender ou wagon, sur un tour prenant son mouvement sur la transmission.....	» 35

8. *Alésages.*

Pour aléser un bandage de roue	motrice ou de machine à marchandises.....	2 «
	de support de machine ou tender.....	1 35
	de wagon, tout diamètre.....	» 90
Pour aléser un moyeu de roue...	de machine ou tender.....	1 35
	de wagon.....	1 15

9. *Tournages.*

Pour tourner une paire de bandages neufs-montés.....	de roues motrices.....	9 65
	de machines à marchandises.....	7 90
	de support ou tender.....	4 50
	de wagon, tout diamètre.....	3 60
Pour tourner une paire de faux-bandages, neufs ou vieux.....	pour roues motrices.....	2 70
	de machines à marchandises	2 05
	de support, tender ou wagon.....	1 35

10. *Rafraîchissages.*

Pour rafraîchir une paire de roues.....	motrices, quelle que soit l'usure.....	4 95
	de machines à marchandises, id.....	3 85
	de support ou tender, id.....	2 30
	de wagon, quels que soient le diamètre et l'usure.....	1 60

11. *Pose de rivets.*

	fr.
Pour la pose d'un rivet quelconque, y compris l'enlevage du vieux rivet, le mandrinage du trou de la fraisure et l'affleurage du rivet neuf.	» 12
Pour le perçage d'un trou, soit dans les bandages, soit dans les rayons, la fraisure comprise, s'il y a lieu.....	» 16
Pour le serrage d'un rivet, s'il est assez bon pour être maintenu.....	» 05

12. *Pose de contre-poids* (1).

Pour poser un contre-poids neuf, en deux parties, avec l'obligation pour les remplacements de dériver les vieux, ajustage et perçage compris, selon les cas.....	2 70

(On distingue des roues à 1, 2 ou 3 contre-poids.)

13. *Coinçage des rayons.*

Pour poser un coin en bois, lardé de coins en fer en quantité convenable, y compris l'affleurage.....	» 25

14. *Calage et décalage des roues.*

Les clefs seront fournies toutes rabotées, en laissant seulement un léger coup de lime à donner; mais il pourra être exigé des entrepreneurs des empreintes en bois pour la facilité du rabotage.

Pour décaler une roue.....	motrice ou à marchandises.....	2 70
	de support ou tender.....	1 35
	de wagon, quel que soit le système...	1 15
Pour caler une roue.....	motrice ou de machine à marchandises, l'affleurage des clefs compris.....	4 50
	de support ou tender.....	2 70
	de wagon, quel que soit le système...	1 35

Pour caler et décaler un bouton de manivelle, compris rivage et dérivage, il est accordé :

Par bouton calé et rivé.....	3 »
Par bouton décalé et dérivé.....	2 »

15. *Manœuvres des roues.*

Pour toutes les manœuvres, soit dans l'intérieur des ateliers, relatives à la réparation des roues, soit au-dehors pour aller chercher lesdites roues sur les voies de l'économat ou les y reconduire après réparation, soit encore pour les placer sur les voies du dépôt ou sur celles de l'atelier de montage (2), il est accordé, par paire de *roues réparées*, tel qu'il résultera des attachements de la comptabilité.....	» 35

(1) Les nouveaux contre-poids, calculés d'après la théorie de M. Lechatelier, se paieront 4 fr.

(2) Le chemin approximatif que parcourt dans les ateliers chaque paire de roues montées qui rentre en réparation est de 840m,00.

§ 6. DEVIS GÉNÉRAL DE L'INSTALLATION LES ROUES.

N°s D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	POIDS en quantités.	PRIX de l'unité.	PRODUITS partiels.	PRODUITS par paragr.	OBSERVATIONS.
	§ 1er. Forges.	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
	1° Maçonneries.					
1	Six cheminées en briques de 9m,25, hauteur au dessus du manteau	»	»	245 94		Y compris le scellement du manteau et des contrefiches, payé 5 fr.
2	Tous les travaux de maçonnerie de quatre forges simples, compris fouille, enduits, carrelage	»	»	340 00		
3	Tous les travaux de maçonnerie de deux forges doubles, compris fouille, carrelage, enduits	»	»	311 00		
4	20m de galerie pour conduites de vent.	»	»	651 00		
	2° Fontes.					
5	Six manteaux avec contre-fiches et plaques	612 00	0 60	367 20		Toutes les fontes, fers et tôles, pour la construction des forges, ont été livrés, sur les dessins de la Compagnie, par M. Farcot, constructeur à Saint-Ouen près Paris, en vertu d'un marché passé le 18 août 1846.
6	Quatre bâtis de forge simple... . 776k					
7	Deux bâtis de forge double..... 550	1296 00	0 60	771 60		
8	Quatre prises de vent pour forges simples, avec tuyères et registr.... 213k					
9	Deux prises de vent pour forges doubles, avec tuyères et regist. 265	478 00	0 60	286 80		
	3° Fers.					
10	Huit garnitures de foyer en fer feuillard pour forges doubles et simples, compris tous les boulons, manettes de manœuvres des valves, etc.....	275 00	1 05	288 75		
	4° Tôles.					
11	Quatre hottes pour forges simples 1208k					
12	Deux hottes pour forges doubles 880	2088 00	1 175	2124 54		
13	Quatre baquets à refroidir les outils...	280 00	1 175	264 52		
	5° Outillage spécial des Forges.					
14	Deux grues-potences à refouler, avec crémaillèr., chaînes, galets et nervur. extér. — Fer 414k; Fonte 236	650 00	0 80	520 00		
15	Deux grues-potences à souder, avec chaînes, poulies, anse et contre-poids..... — Fer 603; Fonte 1,046	1649 00	0 80	1319 20		Les outils spéciaux des forges, excepté les enclumes ordinaires, ont été construits dans les ateliers de la Compagnie.
16	Deux marteaux à refouler les bandages. — Fer..... 188 00 — 0 26 — 48 88; Fonte ..... 45 00 — 1 40 — 60 20; Bois..... 0 939 — 80 00 — 75 12					
17	Deux enclumes spéciales à souder les bandages	672 00	0 26	174 72		
18	Deux enclumes ordinaires	530 00	1 30	689 00		
19	Huit râteliers en fer pour ranger les outils.....	168 00	0 80	134 40		
	A reporter.....			8072 87	»	

Nos D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	POIDS ou quantités.	PRIX de l'unité.	PRODUITS partiels.	PRODUITS par paragr.	OBSERVATIONS.
		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
	Report.....	.....	.....	8672 87		
20	Vingt-cinq marteaux à devant ou à main..... 228k	420 00	1 50	630 00		
21	Tranches et chasses diverses.... 192				9302 87	
	§ 2. Fours.					
	1° *Maçonneries.*					
22	Maçonnerie de trois fours (25,600 briq.).	»	»	3764 00		Ces prix de maçonnerie des fours nous ont été communiqués par M. Polonceau, entrepreneur de la traction des chemins de fer d'Orléans et du Centre, comme étant le prix de revient de fours qu'il vient de faire construire sur notre système dans les ateliers d'Ivry.
23	Cheminée commune (13,500 briques)..	»	»	1618 00		
24	Conduites de fumée (10 mètres courants environ).....	»	»	480 00		
	2° *Armatures.*					
25	Fontes : Four en long..... 4,490k — Grand four circulaire. 139 — Petit four circulaire.. 139	4768 00	0 55	2622 40		
26	Fers : Four en long ..... 1,100 — Grand four circulaire.. 1,030 — Petit four circulaire.... 785	2915 00	1 35	3945 23		Les armatures des fours et le gros outillage ont été fournis par M. Calla, constructeur à Paris, en vertu d'un marché passé le 16 février 1847.
	3° *Gros Outillage spécial des Fours.*					
27	Deux grues de travail, avec chaînes de levage et chaînes additionnelles..... Fer 1,786k Fonte 2,944	4730 00	1 30	5149 00		Une seule grue de travail, au chemin de fer d'Orléans, construite en bois, fonte et fer, a coûté 2,293 fr. 59 c.
28	Une grue pour le service des calottes, avec chaînes, etc.... Fer 106 Fonte 2,991 Bronze 8	2405 00	1 30	3126 50		La grue des calottes, également en bois, fonte et fer, que vient de faire construire M. Polonceau, a coûté 1,525 fr. 85 c.
29	Deux plateaux à cintrer et arrondir complets, moins les segments..... Fer 414 Fonte 2,918 Bronze 35	3367 00	0 65	2188 55		
30	Quatre garnitures de segments en fonte de 1m,68, 1m,20, 1m et 0m,91.....	3689 00	0 65	1747 85		
31	Deux cuves à refroidir avec plateaux d'embattage formant couvercles.. Fontes 1,988k Fers et tôl. 1,175	2163 00	1 35	2920 05		
	4° *Petit Outillage.*					
32	Griffes de différentes formes pour la manœuvre des bandages.....	296 00	0 80	230 40		Le petit outillage a été construit dans les ateliers de la Compagnie.
33	Crochets de manœuvres des chaînes...	122 00	0 80	97 60		
34	Dix marteaux à devant	112 00	1 50	168 00		
	§ 3. Tours.				28057 60	
	1° *Tours proprement dits.*					
35	Deux grands tours doubles pour les roues motrices et roues de machines à marchandises..... Fonte 25,160k Fer 2,400 Bronze 180 Acier 50	27790 00	14000 00	28000 00		Tous les tours à roues, les machines à percer radiales, la presse hydraulique et la grue pour manœuvrer les roues motrices ont été fournis par M. Calla, en vertu d'un marché signé le 8 janvier 1846.
	A reporter.....			28000 00	37360 47	

Nos D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	POIDS ou quantités.	PRIX de l'unité.	PRODUITS partiels.	PRODUITS par paragr.	OBSERVATIONS.
		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
	Report.....	.....	.....	28000 00	37360 47	Les prix du marché comprennent, avec les tours proprement dits, leurs transmissions intermédiaires composées comme suit :
36	Trois grands tours doubles pour les roues de support et de tender..... Fonte 28,680k, Fer 2,510, Bronze 240, Acier 45	31475 00	12000 00	36000 00		1° Transmission pour un *tour* à roues motrices ou à roues de support et tenders.
37	Six tours doubles pour les roues de wagons. Fonte 48,780k, Fer 3,900, Bronze 240, Acier 90	53010 00	10000 00	60000 00		Fonte 268,00, Fer 72,00, Bronze 3,40 } 343 k. 40
38	Un tour additionn. pour tourner les fusées des essieux montés, et aléser les roues non montées..... Fonte 3,155, Fer 145, Bronze 22, Acier 8	3330 00	6000 00	6000 00		2° Transmission pour un *tour* à roues de wagons.
	2° *Outillage des Tours.*					Fonte 250,00, Fer 72,00, Bronze 3,40 } 325 k. 40
39	Une grue pour manœuvrer les roues motr. Fonte 1,472k, Fer 893	2365 00	1 25	2956 25		3° Transmission pour un *tour* additionnel ou une machine à percer radiale.
40	Tocs traîneurs..... Fonte 2,208, Fer 435	2643 00	1 00	2643 00		Fonte 240,00, Fer 27,00, Bronze 1,00 } 268 k. 00
41	Quatre crics verrins pour la manœuvre des roues dans les ateliers.....	97 00	2 00	194 00		
42	Appareils à élever en pointe les roues à fusées intérieures.....	83 00	0 80	66 40		
43	Appareils à élever en pointe les roues à fusées extérieures.....	155 00	0 80	92 60		
44	Crochets de tourneurs et planes	420 00	3 55	1491 00		
45	Calibres et profils	78 00	4 00	312 00		
46	Clefs diverses.....	115 00	4 00	460 00		
47	Etoiles	75 00	4 00	300 00		
					126514 65	
	§ 4. **Machines à percer.**					
48	Deux machines à percer radiales..... Fonte 1,684k, Fer 170, Bronze 18	1872 00	6000 00	12000 00		
					12000 00	
	§ 5. **Presse hydraulique.**					
49	Presse proprement dite sans son installation, qui n'est point encore exécutée..... Fer 342k, Fonte 1,860, Bronze 39	2241 00	0 90	2016 90		
					2016 90	
	§ 6. **Bascule.**					
50	Bascule de la force de 4,000 kil., toute montée en place.....	»	700 00	700 00	700 00	
	§ 7. **Bureau du comptable**.....	»	»	600 00	600 00	
	§ 8. **Cinq nouveaux tours en construction**.....	»	»	»	42000 00	Ces cinq nouveaux tours sont construits chez M. Calla, suivant spécification et marché, pages 106 à 110.
	TOTAL GÉNÉRAL.....				233392 02	

§ 7. — INVENTAIRE GÉNÉRAL

Pour les machines, tenders, voitures et wagons

N° d'ordre	DÉSIGNATION DES DIVERSES ESPÈCES DE ROUES MONTÉES.	ROUES MONTÉES MOTRICES. Quantités	Poids.	Prix	Valeur.
	1° Machines à voyageurs.				
	Roues montées pour machines et tenders de l'ancien matériel de l'Etat :		kil.	f. c.	fr. c.
1	Moyeux en fonte et rayons en fer forgé.....	18	34,380 00	1 50	51,570 »
	Roues montées pour machines et tenders, système de M. Clapeyron :				
2	Moyeux en fonte et rayons fer à T, avec faux-bandages.....	43	93,869 00	1 30	122,029 70
3	Moyeux en fonte et rayons en fer forgé.....	6	13,440 00	1 50	20,160 »
	Roues montées pour machines à bielles à fourches :				
4	Moyeux en fonte et rayons en fer à T, sans faux-bandages....	92	201,296 00	1 30	261,684 80
5	Moyeux en fonte et rayons en fer forgé.....	15	38,340 00	1 50	57,510 »
	Roues montées pour machines grande vitesse, système de M. Crampton :				
6	Moyeux et rayons en fer forgé.....	14	42,630 00	2 75	117,232 50
	2° Machines à marchandises.				
	Roues montées pour machines bielles à fourche à cylindres extérieurs :				
7	Moyeux en fonte et rayons en fer à T, sans faux-bandages....	82	150,306 00	1 30	195,397 80
	Roues montées pour machines à cylindres intérieurs :				
8	Moyeux en fonte à rayons en fer à T, avec faux-bandages....	12	25,464 00	1 75	44,562 »
	3° Machines de gare.				
9	Roues montées, moyeux en fonte, rayons en fer à T, sans faux-bandages.....	2	2,950 00	1 30	3,835 »
	4° Tenders.				
10	Roues montées pour moyeux en fonte, rayons en fer à T, sans faux-bandages.....	»	»	»	»
11	Roues montées avec moyeux en fonte, rayons en fer forgé....	»	»	»	»
12	Roues montées pour tenders grande vitesse, moyeux et rayons en fer forgé.....	»	»	»	»
13	Roues montées pour tenders à marchandises, cylindres intérieurs, moyeux en fonte, rayons en fer à T, avec faux-bandages.....	»	»	»	»
	5° Voitures et wagons.				
14	Roues montées avec moyeux en fonte, rayons en fer méplat et faux-bandages.....	»	»	»	»

DES ROUES MONTÉES

composant le matériel roulant de la Compagnie.

ROUES MONTÉES DE SUPPORT.			RÉCAPITULATION.		NOMBRE et DÉSIGNATION des véhicules.	OBSERVATIONS.
Quantités	Poids.	Prix	Valeur.	Poids.	Valeur.		
	kil.	f. c.	fr. c.	kil.	fr. c.		
32	69,902 50	1 50	103,893 75	103,642 50	157,463 75	16 machines et 16 tenders.	
154	173,744 00	1 30	224,567 20	266,613 00	346,596 90	34 machines et 34 tenders.	
12	14,304 00	1 50	21,456 »	27,744 00	41,616 »		
305	219,686 00	1 30	285,585 80	420,962 00	547,250 60	61 machines	Au fur et à mesure que les roues de ces machines rentrent en réparation, on leur applique des faux-cercles de 0,03 sur les roues motrices, et de 0,02 sur les roues de support.
36	51,850 00	1 50	47,745 »	70,170 00	105,255 »		
96	46,492 00	2 35	109,256 20	89,122 00	226,488 70	12 machines	
154	267,894 00	1 30	348,262 20	418,200 00	543,660 »	64 machines	
34	45,864 00	1 15	52,743 60	71,328 00	97,305 60	10 machines	
4	4,300 00	1 30	5,590 »	6,850 00	8,905 »	2 machines	Ces machines portent leur tender.
204	283,328 00	1 30	368,326 40	283,328 00	368,326 40	125 tenders	Les roues de ces tenders reçoivent des faux-bandages de 0,03 chaque fois qu'elles entrent en grande réparation.
54	54,060 00	1 30	70,278 »	54,060 00	70,278 »		
72	48,600 00	2 35	114,210 »	48,600 00	114,210 »	12 id.	
34	26,400 00	1 15	30,360 »	26,400 00	30,360 »	10 id.	
3000	4,485,000 00	1 »	4,485,000 »	4,485,000 00	4,485,000 »	470 voitures à voyageurs. 2686 wagons de toutes espèces.	
			TOTAUX.....	6,372,019 50	7,140,715 95		

MÉMOIRE N° XII.

Calculs sur la puissance de vaporisation et de traction de machines locomotives fonctionnant sur divers chemins de fer,

PAR M. HENRY MATHIEU.

Nous donnons ci-joint un tableau de la puissance de plusieurs systèmes de machines locomotives employées sur les chemins de fer Si les chiffres auxquels nous sommes arrivés ne sont pas absolus, ils sont comparatifs, et en cela ils offrent un certain intérêt.

Notre travail a été divisé en deux parties : 1° *Vaporisation* ; 2° *Traction*. Dans la première partie, nous avons fait entrer tous les éléments de la vaporisation, directs et indirects, les uns comme utiles, les autres comme renseignements.

Nous avons, d'une part, cherché la vaporisation produite par le générateur, de l'autre la consommation de vapeur par les cylindres. Le rapport entre ces deux quantités nous a donné une colonne qui doit fixer l'attention. C'est en effet sur les résultats inscrits dans cette colonne qu'on peut étudier l'avantage des systèmes à détente fixe et à détente variable, la possibilité ou la nécessité, suivant que la consommation tend à excéder ou à égaler la production, et dans le cas encore où elle est inférieure, de faire subir aux cylindres course, détente, etc., des modifications utiles.

Et pour citer un exemple, nous ferons remarquer que les machines à marchandises du Nord ne pourraient pas fournir constamment la quantité de vapeur qu'elles consommeraient si on se servait de la détente à coulisse. La même observation s'applique à la machine l'*Antée* et à la machine l'*Hercule*. L'expérience confirme ces résultats.

Toutes les colonnes de cette première partie étant la somme ou le produit les unes des autres, ne doivent offrir aucune difficulté.

Dans la deuxième partie se trouvent les éléments de la traction, comprenant : le poids des machines, du tender, l'appréciation du travail moteur, du travail résistant, enfin le travail utile et le travail effectif.

Le travail moteur se calcule très simplement par la pression sur les cylindres, la course, la détente, la vitesse des trains, etc.

Quant au travail résistant, nous nous sommes servi, pour le déterminer, d'une formule $R = a + bu^2$ (1), dans laquelle R est la résistance, sur niveau au pourtour de la roue motrice et par tonne de poids transporté. Pour avoir toutes les résistances, celle de la machine, celle du tender et celle des wagons, on compose cette formule comme suit :

Pour locomotives $R = (a + bu^2 + 3^k)$ L tonnes poids de la locomotive,
Pour le tender $R = (a + bu^2 + 1^k)$ T tonnes poids du tender,
Pour les wagons $R = (a + bu^2)$ W tonnes de wagons.

Ces formules sont relatives aux résistances sur niveau. Pour le cas de rampes, on ajoute à la formule de résistance 1 kilogramme par millimètre de rampe et par tonne, et les formules précédentes deviennent l'exemple que nous avons pris d'une rampe de 5^{mm}.

Pour locomotives $R = (a + bu^2 + 8)\ L^t$
Pour tender $R = (a + bu^2 + 6)\ T^t$
Pour wagons $R = (a + bu^2 + 5)\ W^t$

Des forces résistantes on passe facilement au travail résistant, en multipliant les chiffres qui les expriment par la vitesse à la circonférence des roues motrices.

---

(1) Dans cette formule $a = 4^k, 21$, et représente la résistance du frottement de 1 tonne, indépendamment de la vitesse du mouvement; le terme bu^2 est l'expression de la résistance de l'air par tonne transportée et pour laquelle b a été trouvé égal en moyenne à 0,0317, u représentant la vitesse du train par seconde rapportée au pourtour de la roue motrice.

Le travail utile s'obtient ensuite en retranchant du travail moteur le travail résistant de la locomotive et du tender ; puis le nombre de tonnes transportables se trouve en divisant cette différence par le travail résistant de une tonne sur rampe de 5^{mm}.

C'est de cette manière qu'on obtient la première colonne de la division indiquée *Effet utile*. La deuxième est la conséquence de la première. Enfin, les deux dernières colonnes sont, l'une l'expression de la *Puissance effective*, donnée par l'adhérence ou fraction du poids sur les roues motrices ; l'autre est le rapport entre cette puissance effective et la puissance utile. En l'examinant, on voit que plusieurs machines ne seraient pas capables de traîner sur rampes de 5^{mm} la charge qu'indique la puissance sur les pistons, leur course et leur vitesse, parce que ces machines ne sont pas assez pesantes. Et pour citer aussi un exemple, nous dirons que les machines *Tayleur* et *Médée*, pour lesquelles le rapport entre la puissance utile et la puissance effective est 0.91 et 0.98 ; que ces machines, bonnes pour le service de Saint-Germain, où il n'y a que des rampes de $0^{m}.001$, sont insuffisantes pour le chemin de Versailles, où les rampes sont de $0^{m}.005$.

De là on voit la liaison qui doit exister entre le poids des machines et leur puissance de traction par les organes mécaniques, suivant le service qu'elles ont à faire.

(*Voir les tableaux ci-après.*)

VAPEU

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS du Constructeur	NOMS de la Machine	GRILLE. Longueur.	GRILLE. Largeur.	GRILLE. Surface.	SURFACE DE CHAUFFE. Nombre de tubes.	Longueur des tubes.	Diamètre intérieur.	Surface des tubes.	Surface réduite des tubes.	Surface directe.	Surface totale réduite.	Product de vapeu Par m/2 et par heure.	Production totale de vapeur de la chaudière.
			m.	m.	m 2		m.	m.	m 2	m.2	m 2	m.2	k.	k.
1	Tayleur. . . .	Tayleur. . . .	0.618	1.038	0.653	107	2.430	0,0370	50.50	10.16	4.150	14.310	120	171
2	Haighfoundry.	Médée.	0.705	1.065	0.755	121	2.450	0.0410	38.30	12.76	4.653	17.413	120	208
3	Cavé.	Gauloise. . . .	0.975	1.110	1.082	99	2.600	0.0500	40.40	13.46	6.194	19.654	120	235
4	Sharps.	Vésuve	1.020	1.085	1.102	162	2.550	0.0400	52.00	17.33	6.028	23.358	120	280
5	Stephenson. .	Vesta	1.000	1 050	1.050	111	2.540	0.0520	48.97	15.32	6.140	21.460	120	257
6	Creuzot. . . .	La Flèche. . .	0.920	1.170	1.080	115	2.690	0.0450	43.50	14.50	6.585	21.085	120	253
7	Id.	Gironde. . . .	0.920	1.070	0.984	115	2.690	0.0450	43.70	14.50	6.585	21.085	140	295
8	Rothwell . . .	Vulcain	0.840	1.065	0.900	109	2.620	0.0500	44.75	14.90	5.150	20.060	120	240
9	Jackson. . . .	Versailles. . .	0.887	1.106	0.978	155	2.560	0.0450	54.00	18.00	5.380	23.380	120	280
10	Hick.	Étoile.	1.015	1.070	1.086	108	2.360	0.0460	36.82	12.17	6.210	18.380	120	220
11	Ce S.-Germain	Hercule. . . .	0.920	1.170	1.080	115	3.850	0.0450	63.20	21.06	6.585	27.640	120	331
12	Id.	Antée	1.000	0.960	0.960	120	4.115	0.0475	73.80	24.60	5.895	30.495	120	365
13	Derosne. . . .	Nord (*voyag.*)	0.925	0.914	0.850	125	3.800	0.0450	66.50	22.16	5.012	27.170	120	326
14	Id.	Id. (*march.*).	0.925	0.914	0.850	125	3.800	0.0450	66.50	22.16	5.012	27.170	120	326
15	Id.	Lyon (*voyag.*)	1.000	0.900	0.900	145	3.357	0.0460	74.97	24.99	6.470	31.460	120	377
16	Gouin.	Id. (*mixte*). .	1.150	0.900	1.350	154	3.462	0.0480	80.45	26.82	7.035	33.850	120	406
17	Crampton. . .	Nord (*gr. vit.*)	1.370	1.065	1.450	178	3.670	0.0460	95.88	31.29	9.630	40.920	140	573
18	Buddicom. . .	Orléans à B. .	1.040	0.986	1.108	145	2.867	0 0450	58.87	19.62	5.690	25.240	120	303
19	Id.	Havre (*marc.*)	»	»	»	162	»	0.0450	60.65	30.31	6.000	36.310	120	435
20	Rothwell . . .	Cyclope. . . .	0.840	1.065	0.900	109	2.620	0.0500	44.75	14.90	5.150	20.060	120	240
21	Sharps.	Sphynx	1.020	1.085	1.102	162	2.550	0.0400	52.00	17.33	6.028	23.358	120	280
22	Cavé.	Chartres. . . .	1.000	0.950	0.950	145	3.945	0.0440	87.29	29.10	5.235	34.535	120	414
23	Id.	Strasbourg . .	1.250	0.914	1.114	151	3.000	0.0440	65.69	21.86	7.050	28.910	120	346

N. B. Les machines de 1 à 12 et 20 et 21 appartien
Id. de 13, 14, 17 . . . id.
Id. de 15, 16. . . . . id.
Id. de 18. . . . . id.
Id. de 19. . . . . id.
Id. de 22. . . . . id.
Id. de 23. . . . . id.

SATION.

VITESSE DES TRAINS, CONSOMMATION DE VAPEUR.

NUMÉROS D'ORDRE.	Diamètre des cylindres.	Course.	Volume d'une cylindrée.	Détente fixe ou rapport de la fraction de la course à pleine vapeur à la course totale.	Volume réel d'une cylindrée.	Diamètre des roues motrices.	Vitesse du train par heure.	Vitesse du train par seconde à la jante des roues motrices.	Vitesse de la manivelle.	Nombre total de coups de piston par minute.	Volume de vapeur consommé par minute.	Volume consommé par heure.	Poids du m 3 de vapeur à quatre atmosphères effectives.	Poids du volume de vapeur consommé par heure.	Rapport entre la production et la consommation.
	m.	m.	m 3	m.	m/3	m.	kil.	m.	m.		m/3	m 3	kil.	kil.	
1	0.380	0.406	0.0591	0.580	0.0228	1.690	40	11.11	2.670	502	11.44	683	2.1	1.442	1.190
2	0.330	0.406	0.0592	0.665	0.0262	1.690	40	11.11	2.670	502	13.15	789	2.1	1.657	1.220
3	0.330	0.490	0.0420	0.680	0.0285	1.690	40	11.11	3.220	502	14.30	858	2.1	1.802	1.300
4	0.330	0.460	0.0395	0.650	0.0250	1.690	40	11.11	3.020	502	12.54	753	2.1	1.581	1.770
5	0.380	0.450	0.0365	0.650	0.0237	1.690	40	11.11	2.950	502	11.90	714	2 1	1.498	1.800
6	0.380	0.460	0.0504	0.580	0 0284	1.690	40	11.11	3.020	502	14.25	855	2.1	1.795	1.410
7	0.380	0.460	0.0504	0.780	0.0378	1.400	40	11.11	3.650	606	22.90	1.374	2.1	2.885	1.010
8	0.380	0.432	0.0409	0.665	0.0325	1.690	40	11.11	2.810	502	16.31	978	2.1	2.054	1.170
9	0.330	0.460	0.0395	0.660	0.0261	1.690	40	11.11	3.020	502	13.10	787	2.1	1.652	1.690
10	0.330	0.460	0.0365	0.650	0.0237	1.690	40	11.11	3.020	502	11.90	714	2.1	1.499	1.470
11	0.380	0.600	0.0678	0.795	0.0540	1.200	25	7.95	3.975	506	27.32	1.639	2.0	3.442	0.784
12	0.450	0.700	0.1113	0.695	0.0735	1.200	25	7.95	4.650	506	37.11	2.227	2.1	4.676	0.782
13	0.380	0.560	0.0645	0.795	0.0307	1.680	40	11.11	3.703	505	25.60	1.536	2.1	3.225	1.010
14	0.380	0.610	0.0690	0.795	0.0550	1.220	25	7.95	3.975	510	28.05	1.683	2.1	3.534	0.924
15	0.380	0.600	0.0680	0.795	0.0540	1.800	40	11.11	3.703	472	25.50	1.530	2.1	3.213	1.170
16	0.460	0.640	0.0805	0.795	0.0645	1.600	30	9.55	3.890	456	29.50	1.770	2.1	3.717	1.090
17	0.406	0.560	0.0730	0.795	0.0580	2.100	60	19.15	5.100	596	34.70	2.083	2.1	4.375	1.310
18	0.365	0.556	0.0555	0.650	0.0360	1.664	40	11.11	3.720	509	18.32	1.099	2.1	2.308	1.310
19	0.394	0.610	0.0744	0.650	0.0483	1.540	30	9.55	3.790	474	22.92	1.375	2.1	2.887	1.700
20	0.340	0.432	0.0392	0.665	0.0261	1.690	40	11.11	2.800	502	13.80	786	2.1	1.651	1.450
21	0.330	0.460	0.0395	0.668	0.0268	1.690	40	11.11	3.020	502	13.45	807	2.1	1.695	1.650
22	0.380	0.560	0.0635	0.800	0,0508	1.600	40	11.11	3.888	551	26.92	1.615	2.1	3.391	1.220
23	0.360	0.560	0.0564	0.800	0.0451	1.800	40	11.11	3.456	471	21.24	1.274	2.1	2.676	1.296

ux lignes de Saint-Germain et de Versailles (rive droite).
à la ligne du Nord.
à la ligne de Lyon.
à la ligne d'Orléans à Bordeaux.
à la ligne du Havre.
à la ligne de Chartres.
à la ligne de Paris à Strasbourg.

TRAC

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS du Constructeur	NOMS de la Machine.	POIDS du tender chargé.	POIDS de la locomotive chargée.	ADHÉRENCE. Charge sur les roues motrices.	ADHÉRENCE. Rapport de l'adhérence au poids sur roues motrices.	ADHÉRENCE. Adhérence.	TRAVAIL Surface des pistons.	TRAVAIL Pression effective à quatre atmosphères.	TRAVAIL Détente fixe ou rapport de la fraction de la course à pleine vapeur à la course totale.	TRAVAIL Fraction de la course à pleine vapeur.
			t.	t.	k.		k.	m/2		m.	m.
1	Tayleur. . . .	Tayleur	6	13	5.850	∞ : 1	732	0.0965	7.979	0.580	0.236
2	Haighfoundry	Medée.	6	15	6.750	de la charge	856	0.0963	7.979	0.665	0.271
3	Cavé.	Gauloise. . . .	8	16	7.200		900	0.0855	7.069	0.680	0.334
4	Sharps	Vésuve	8	16	7.200		900	0.0855	7.069	0.630	0.257
5	Stephenson. .	Vesta	8	16	7.200		900	0.0804	6.642	0.650	0.292
6	Creuzot. . . .	La Flèche. . .	8	17	7.650		956	0.1135	9.384	0.580	0.267
7	Id.	Gironde. . . .	8	18	13.000	4 R coup	1.625	0.1135	9.384	0.750	0.345
8	Rothwell . . .	Vulcain	8	16	7.200		900	0.1135	9.384	0.665	0 288
9	Jackson. . . .	Versailles. . .	8	16	7.200	sur les	900	0.0855	7.069	0.660	0.304
10	Hick.	Étoile	8	16	7.200		900	0.0855	7.069	0.650	0.300
11	Ce S. Germain	Hercule. . . .	8	22	22.000	6 R C	2.750	0.1135	9.384	0.795	0.477
12	Id.	Antée	8	25	25.000	6 R C	3.125	0.1590	13.046	0.695	0.487
13	Derosne. . . .	Nord (*voyag.*)	9.5	22	9.875		1.234	0.1135	9.384	0.795	0.447
14	Id.	Id. (*march.*).	9.5	22.5	22.500	6 R C	2.812	0.1135	9.384	0.795	0.487
15	Id.	Lyon (*voyag.*)	16	25	11.250		1.406	0.1135	9.384	0.795	0.477
16	Gouin.	Id. (*mixte*) .	16	25.5	19.000	4 R C	2.375	0.1260	10.417	0.795	0.510
17	Crampton. . .	Nord (*gr vit.*	10	26	11.700		1.170	0.1295	10.702	0.795	0.447
18	Buddicom. . .	Orléans à B. .	9	19	8 550	motrices	1.068	0.0990	8.185	0.650	0.364
19	Id.	Havre (*marc.*)	»	»	»	6 R C	»	0.1220	10.087	0.650	0.397
20	Rothwell . . .	Cyclope. . . .	8	16	7.200		900	0.0908	7.503	0.665	0.288
21	Sharps.	Sphynx	8	16	7.200		900	0.0855	7.069	0.608	0.307
22	Cavé.	Chartres. . . .	10	23	18.000	4 R C	2.250	0.1155	6.384	0.800	0.448
23	Id.	Strasbourg . .	10	22	9.875		1.234	0.1008	8.330	0.800	0.448

N. B. Les machines de 1 à 12 et 20 et 21 appartiennent
Id. de 13, 14, 17. . . . . id.
Id. de 15, 16. . . . . id.
Id. de 18. . . . . id.
Id. de 19. . . . . id.
Id. de 22. . . . . id.
Id. de 23. . . . . id.

rion.

NUMEROS D'ORDRE.	MOTEUR. Travail unitaire de pleine vapeur et détente.	MOTEUR. Travail total des pistons.	MOTEUR. Travail moteur par tour de roue.	TRAVAIL RÉSISTANT. Résistance de la locomotive au pourtour des roues motrices sur rampe de 5 millim.	TRAVAIL RÉSISTANT. Résistance du tender au pourtour des roues motrices sur rampe de 5 millim.	TRAVAIL RÉSISTANT. Somme des résistances du tender et de la locomotive sur rampe de 5 millim.	TRAVAIL RÉSISTANT. Travail résistant du tender et de la locomot. par tour de roue sur rampe de 5 millim.	TRAVAIL RÉSISTANT. Différence entre le travail moteur et le travail résistant de la locomotive et du tender.	TRAVAIL RÉSISTANT. Résistance par tonne transportable au pourtour des roues motrices sur rampe de 5 millim.	TRAVAIL RÉSISTANT. Travail résistant par tonne transportable et par tour de roue sur rampe de 5 millim.	EFFET UTILE. Effort disponible ou nombre de tonnes transport. sur rampes de 5 millim.	EFFET UTILE. Quantité de wagons de 6 tonnes transportables sur rampe de 5 millim.	PUISSANCE EFFECTIVE Effort à la jante de la roue motrice.	PUISSANCE EFFECTIVE Rapport entre l'adherence et l'effort à la jante de la roue motrice
	km	km.	km.	k.	k.	k.	km.	m.	k	m.	t.	w.	k.	
1	1.5447	2.908	5.816	210	84.66	294.66	1.560	4.256	13.11	69.41	64.30	10.90	801.5	0.915
2	1.4083	3.185	6.370	243	84.66	327.66	1.735	4.635	13.11	69.41	66.80	11.13	878.8	0.976
3	1.3853	3.270	6.540	257	112.88	369.88	1.947	4.593	13.11	69.41	66.90	11.03	868.9	1.040
4	1.4620	2.656	5.312	257	112.88	369.88	1.947	3.365	13.11	69.41	48.50	8.08	632.5	1.380
5	1.4307	2.774	5.548	257	112.88	369.88	1.947	3.601	13.11	69.41	57.10	9.52	750.1	1.200
6	1.5447	3.879	7.758	273	112.88	385.88	2.009	5.749	13.11	69.41	82.96	13.82	1087.6	0.878
7	1.3877	4.166	8.332	290	104.88	394.88	1.736	6.596	13.11	57.65	114.40	19.06	1440.7	1.115
8	1.4080	3.810	7.620	257	112.88	369.88	1.947	5.673	13.11	69.41	81.73	13.62	1068.3	0.840
9	1.4307	3.015	6.030	257	112.88	369.88	1.947	4.083	13.11	69.41	57.52	9.60	769.0	1.170
10	1.4307	3.033	6.066	257	112.88	369.88	1.947	4.119	13.11	69.41	59.34	9.89	775.7	1.160
11	1.2293	5.505	11.010	311	96.88	407.88	1.539	9.471	11.00	41.52	228.10	38.01	2512.2	1.480
12	1.3642	6.353	12.706	352	96.88	448.88	1.693	11.013	11.00	41.52	265.20	44.20	2921.2	1.070
13	1.2294	5.156	10.312	356	134.04	489.04	2.588	7.724	13.11	69.41	111.28	18.54	1458.8	0.850
14	1.2294	5.618	11.236	317	105.04	422.04	1.475	9.761	11.00	42.29	230.80	38.46	2538.7	1.107
15	1.2294	5.505	11.010	403	225.76	628.76	3.557	7.453	13.00	74.40	100.17	16.69	1318.1	1.070
16	1.2294	6.498	12.996	385	209.76	594.76	2.984	10.012	12.11	60.85	164.53	24.09	1591.6	1.250
17	1.2294	5.880	11.760	546	190.00	736.00	4.857	6.873	18.00	118.72	57.90	9.81	1042.1	1.120
18	1.4307	4.253	8.506	307	126.99	433.99	2.263	6.223	13.11	68.95	90.28	15.04	1190.4	0.900
19	1.4307	4.004	8.008	»	117.99	»	»	»	12.11	58.70	»	»	»	»
20	1.4080	3.025	6.050	257	112.88	369.88	1.947	4.103	13.11	69.41	57.67	9.60	772.6	1.165
21	1.4100	3.060	6.120	257	112.88	369.88	1.947	4.173	13.11	69.41	60.12	10.02	789.0	1.140
22	1.2251	5.742	11.484	371	141.12	512.12	2.575	7.709	13.11	65.89	116.99	19.50	1545.2	1.449
23	1.2251	4.562	9.124	334	141.12	495.12	2.895	6.229	13.11	74.43	83.70	13.95	1111.6	1.110

aux lignes de Saint-Germain et de Versailles (rive droite).
à la ligne du Nord.
à la ligne de Lyon.
à la ligne d'Orléans à Bordeaux.
à la ligne du Havre.
à la ligne de Chartres.
à la ligne de Paris à Strasbourg.

MÉMOIRE N° XIII.

Note sur un nouvel emploi du platine dans la peinture sur porcelaine,

PAR M. SALVÉTAT,

Chimiste de la manufacture nationale de Sèvres.

Dans une note sur un jaune pour peindre sur porcelaine [*Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome XV, page 120 (1)], je faisais pressentir que la chimie pourrait faire découvrir quelques composés fixes capables, en conservant la couleur qui leur est propre, de subir, sans s'altérer ou altérer les couleurs avec lesquelles on peut être forcé de les mélanger, une température suffisamment élevée pour que les fondants auxquels ils sont intimement mêlés entrent en fusion et accomplissent leur rôle de vernis.

J'appelle aujourd'hui l'attention des chimistes sur l'emploi d'un corps connu depuis long-temps, que son infusibilité, son inaltérabilité sous l'influence de la plupart des agents chimiques, même à une température élevée, aurait déjà dû recommander.

Lorsqu'on mélange 1 partie de platine en poudre et 3 parties de fondant composé de :

Minium.	6
Sable.	2
Borax fondu.	1

on obtient un gris d'un ton fin des meilleures qualités pour la peinture sur porcelaine, et dont il est facile de comprendre la supériorité sur les autres gris connus jusqu'à ce jour.

Toutes les fois que des oxydes de fer et de cobalt, ou de fer,

(1) Société des Ingénieurs civils, 1re série, 2e année, p. 23.

de cobalt, de manganèse ou de cuivre, se trouvent en présence en quantité un peu notable, en contact avec une matière siliceuse capable de se fondre à la température à laquelle on l'expose, la couleur du composé multiple qui résulte de la fusion est noire, que l'oxyde de cobalt soit bleu ou non, que l'oxyde de fer soit rouge ou brun, dans le mélange primitif. Cette proposition est vraie, même pour les températures élevées des fours à cristaux, comme pour celles, plus élevées encore, des fours de verrerie.

C'est sur ces réactions, connues de tous les chimistes, qu'est fondée la préparation des gris et des noirs généralement employés pour peindre les porcelaines dures et tendres, les cristaux, les verres, etc. On en varie la nuance en variant les proportions respectives des oxydes de cobalt, de fer et de zinc, et en augmentant la proportion du fondant, dit fondant aux gris, dont j'ai donné la composition plus haut, pour atténuer le ton de la couleur, pour obtenir des tons de plus en plus clairs.

Or, les bleus se font avec des oxydes de cobalt et de zinc, et ces couleurs sont d'autant plus vives, que les oxydes employés renferment moins d'oxyde de fer.

Les rouges sont fournis par l'oxyde de fer, les noirs par l'oxyde de fer et l'oxyde de zinc, et ces nuances sont d'autant plus pures que les oxydes de fer et de zinc sont eux-mêmes plus dépouillés d'oxydes étrangers, comme ceux de manganèse et de cuivre.

Il est donc bien évident que, lorsque l'artiste veut rompre du bleu, du rouge et de l'ocre, et qu'il y mêle du gris ou du noir que met à sa disposition la palette actuelle, il fait un mélange, dans des proportions qu'il ignore, d'oxydes de fer, de cobalt et de zinc, dont la couleur est noire, et dont il ne peut prévoir ni l'intensité ni la nuance qu'avec une très grande habitude ; et d'ailleurs comme le ton, après la cuisson, n'est nullement celui qu'il a appliqué sur sa peinture, puisque le ton bleuâtre et le ton rouge sont altérés et peuvent même

disparaître entièrement, il ne peut donner à sa peinture l'aspect qu'elle prendra quand le feu l'aura fixée et aura développé le vernis ; il faut qu'il travaille au jugé, qu'il mette son œuvre en harmonie, en voyant sa peinture non comme elle est réellement, mais comme elle sera lorsqu'elle sera cuite.

C'est là un inconvénient, un inconvénient fort grave surtout dans la peinture des figures, dans la reproduction sur porcelaine des tableaux de grands maîtres, où il importe d'arriver à la dernière perfection.

Le gris de platine n'offre aucun de ces inconvénients. Comme il ne renferme pas d'oxyde de cobalt, il peut très bien servir à rompre les rouges et les ocres sans qu'on ait à craindre qu'il communique aux ombres, par l'effet de la cuisson, une trop grande vigueur. Comme il ne contient pas d'oxyde de fer, on ne doit pas craindre qu'en le mélangeant avec les bleus, il les fasse noircir au delà de ce qu'on veut obtenir ; il n'entre dans les mélanges que pour le ton qui lui est propre et qu'il conserve avant comme après la cuisson.

Considéré sous le rapport de sa fabrication, c'est une couleur facile à faire et à reproduire, toujours identique comme composition et comme nuance. On prépare facilement en poudre le platine pur ; il suffit de précipiter une dissolution de chlorure platinique par du sel ammoniac en excès et de chauffer jusqu'à évaporation complète de ce dernier sel. On obtient ainsi le platine en poudre grise, qu'on peut mêler immédiatement au fondant dans les proportions que nous avons indiquées plus haut, et qui se laisse facilement broyer.

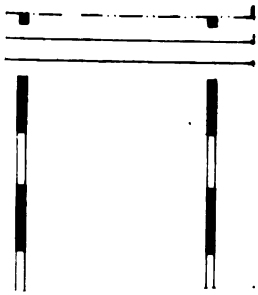
Le platine n'est pas le seul métal qui, employé dans ce sens, fournirait une couleur utile. Tous les métaux qui l'accompagnent ordinairement dans sa mine pourraient comme lui, réduits en mousse, servir au même usage, et avec la même supériorité sur les gris de fer et de cobalt. J'ai essayé dans ce but le palladium, dont M. Smith m'avait remis un échantillon, et le ruthénium, dont j'avais préparé moi-même environ 2 décigrammes. Le palladium donne un gris plus pâle, le ruthénium un gris plus roux que celui de platine.

Depuis long-temps déjà, M. Frick avait indiqué l'usage du sesquioxyde d'iridium comme pouvant fournir un noir supérieur à tous les noirs connus. M. Malaguti, à la manufacture nationale de Sèvres, a vérifié les données de M. Frick. M. Robert en fit plus tard une petite quantité, et moi-même, en 1845, j'avais livré pour le service de cet établissement une centaine de grammes de gris d'iridium dont les qualités purent être mises en relief par un usage journalier.

Le gris de platine est appelé à remplacer avantageusement ce dernier. Son prix est moins élevé, sa nuance plus agréable et sa préparation moins difficile; il est aussi beaucoup plus répandu, et, depuis un an environ qu'on s'en sert, l'expérience a pu se prononcer sur sa véritable valeur. Aussi est-il entré comme couleur dans la palette de la manufacture nationale de Sèvres.

(Extrait des *Annales de chimie et de physique*, tome XXV, page 342.)

Fig. 1.



MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Juillet, Août, Septembre 1849.)

N° 6.

L'examen des produits de l'exposition de l'Industrie a été le but principal des travaux de la Société pendant ces trois mois. Afin de le régulariser, l'étude de chaque question particulière a été confiée à un ou deux membres qui en ont rendu ou en rendront compte successivement, soit par des rapports verbaux, soit par des mémoires écrits.

La Société a déjà entendu les rapports de MM. Jullien sur les bascules-balances pour peser les machines locomotives; Degousée, sur l'industrie des sondages; Callon et Faure, sur les moteurs hydrauliques; Nozo et Fèvre, sur les locomotives; Lecœuvre, sur les constructions navales; Lasalle, sur la fabrication des aciers et de la quincaillerie, et de M. Yvert, sur les applications du zinc. Les rapports de MM. Callon et Faure, Degousée et Lecœuvre sont insérés ci-après, par extraits des procès-verbaux. La Société a voté l'impression des mémoires de MM. Lasalle, Yvert et Nozo.

Les questions d'organisation des travaux publics dans le sens des idées de la Société, ont peu progressé; cependant nous devons vous signaler les faits suivants.

Les conditions d'admission comme élève libre à l'École des

mines ont été rendues plus libérales, et l'Administration a conféré aux élèves libres brevetés le droit de concours à l'auditorat au Conseil d'Etat. C'est un premier pas dans la reconnaissance de la profession d'ingénieur civil, et quoique cette concession soit due principalement à une origine commune d'école, on ne doit pas moins la regarder comme un progrès.

Les idées que nous avions émises sur la création d'un service des Irrigations et cours d'eau non navigables ont été acceptées en partie par l'opinion publique; mais l'Administration les a retournées contre nous en chargeant de ce service les Ingénieurs des ponts et chaussées.

Néanmoins, à la demande de plusieurs personnes considérables, nous avons fait réimprimer et distribuer aux conseils généraux des départements nos Observations sur l'organisation générale des travaux publics.

Pendant ce trimestre, des faits importants se sont passés dans le domaine des travaux publics : nous voulons parler de la mise en exploitation de grandes sections des chemins de fer de Lyon, de Strasbourg et de l'Ouest.

Ces chemins, construits par les ingénieurs de l'Etat, ont été exécutés avec beaucoup de soins et de luxe, ainsi qu'ont pu le constater plusieurs membres de la Société.

Le chemin de Lyon est particulièrement remarquable par les grandes proportions données à toutes ses parties. Les deux autres se distinguent plus par un très-grand fini dans l'exécution. En général ces chemins ont paru sous ce rapport dépasser de beaucoup la limite qu'il eût été plus sage d'observer pour se maintenir dans un emploi fructueux des deniers publics. L'entrée dans Paris du chemin de fer de Strasbourg a été particulièrement critiquée comme montrant, à côté d'un luxe de bâtiment inouï, une véritable pauvreté de dispositions utiles à l'exploitation.

Dans ces circonstances, l'opinion publique a pu de nouveau former son jugement sur les défauts de l'Administration des

travaux publics, et tout en rendant justice au talent des hommes, elle a reconnu une fois de plus combien ils sont étrangers aux idées d'une sage économie.

Les travaux dont nous venons de parler ne présentent d'ailleurs aucune idée nouvelle; tous les ouvrages sont des imitations des types suivis par les mêmes ingénieurs dans des constructions précédentes.

La Société a reçu de M. Gardissal un rapport sur la coloration et la conservation des bois;

De M. Petiet, la collection des cartes du chemin de fer du Nord;

De M. Yvert, la traduction du compte-rendu de l'Assemblée générale du chemin de fer de Dublin à Kingston, 1849;

De M. Letrange, une notice sur la préparation du coke et du bois torréfiés pour les hauts fourneaux;

De M. Ganneron, une notice sur la construction d'une scie à récéper sous l'eau, une planche donnant les détails de la construction du viaduc de la baie de la Canche (chemin de fer d'Amiens à Boulogne), et une planche d'équipages et outils relatifs aux travaux hydrauliques;

De M. Cornet, un album des chemins de fer, ou résumé graphique du cours de construction des chemins de fer professé à l'École centrale des arts et manufactures;

Et de M. Arson, un dessin de barreaux de grille composés de deux barreaux fondus ensemble, plus minces que ceux que l'on a pu employer jusqu'ici, et plus durables que les plus gros et les plus forts dont on se servait.

Les membres nouvellement admis sont les suivants:

Du mois de juillet :

MM. Henri BEVAN, sur sa demande.
BADAROUS, pésenté par M. Albrizio.
Martial CHEVALIER, sur sa demande.
E. DEFOSSE, idem.
MARAIS, idem.

Du mois d'août :

MM. DUBIED, sur sa demande.
SCHMERBER, idem.
GRUN, idem.
MARTIN, présenté par M. Ch. Callon.
SAULNIER, idem.
BEUGNOT, idem.

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 3 Août.

De l'Industrie des Sondages.

M. DEGOUSÉE, rapporteur.

M. Degousée expose que le jury n'aura à se prononcer cette année que sur deux rapports des départements et sur deux exposants de Paris qui ont seuls envoyé leurs produits.

Le premier rapport émane du jury du département de la Moselle, et il rend compte de nombreux sondages exécutés dans le bassin de Sarrebruck pour le compte de M. de Vandel, par M. Kind, sondages qui ont amené la découverte de plusieurs couches de houille. Le procédé de M. Kind consiste dans l'emploi d'une sonde à échappement, avec laquelle on opère avec une rapidité et une économie inusitées jusqu'à présent. Ce système, qui présente des avantages réels, ne peut être employé que dans des terrains de roche continue et homogène.

Le second rapport rend compte de puits artésiens exécutés à Perpignan et aux environs (Pyrénées-Orientales), par M. Fauvel au moyen d'une sonde creuse, dans l'intérieur de laquelle une pompe foulante injecte de l'eau avec rapidité; cette eau, en remontant à la surface du sol, ramène en boue liquide les détritus produits par la sonde.

Ce système ingénieux réussit parfaitement dans les terrains meubles ou argileux, mais il est d'une inefficacité complète dans les terrains alternants, comme ceux du bassin tertiaire parisien, ainsi que M. Fauvel lui-même a pu s'en convaincre par les essais infructueux et réitérés qu'il a faits aux environs de la gare de Saint-Ouen. M. Degousée pense que le procédé de M. Fauvel, comme celui de M. Kind, présente de grands avan-

tages dans certaines localités, mais qu'il ne peut généralement être employé que comme moyen auxiliaire.

Passant aux deux exposants parisiens, M. Degousée dit que l'un n'a exposé que des outils déjà connus et qui figuraient à l'exposition de 1844, à l'exception toutefois d'une paire de mordaches en fer destinées à empêcher les chutes de sonde en cas de rupture de la chaîne. Ces mordaches eussent été d'une meilleure construction si elles eussent été faites avec des madriers garnis de fer. L'élasticité qu'offre le bois en résistant dans une chute rapide, empêche la sonde d'être coupée.

Ces outils sont bien exécutés, mais ils présentent ce désavantage, d'avoir des formes trop multipliées. Aujourd'hui, quatre ou cinq outils doivent suffire pour exécuter tous les sondages.

L'autre exposant a placé un treuil double, avec lequel il a exécuté, à Condé près Donchéry (Ardennes), un sondage de 380 mètres dans des terrains de diverses natures, et présentant alternativement les plus grandes difficultés qu'un sondeur ait à surmonter. A gauche, un tambour avec ses engrenages sert à monter et descendre les tiges ; et la partie de droite est destinée à agir par percussion. Lorsqu'on est dans la roche régulière, la sonde, élevée et abandonnée à une hauteur déterminée par le nombre de galets, donne vingt-cinq à trente coups par minute. Lorsque la sonde doit battre d'une hauteur variée, l'on se sert du débrayage, et suivant la volonté du sondeur, la hauteur de chute varie de 0^{m}. 50 à 0^{m}. 05 ; l'on donne alors de dix à vingt coups par minute.

Au centre se trouve la bielle d'une petite machine à vapeur, qui, suivant le besoin du travail, fait manœuvrer la partie gauche ou la partie droite du mécanisme. L'application de la vapeur aux grands sondages amène une économie de temps et d'argent.

L'exposition du même ingénieur renferme un nouvel instrument pour couper et limer les tuyaux à toute profondeur, un autre pour les river comme à l'atelier; et pour diminuer le nombre des outils, des lames d'acier fondu de divers diamètres qui

toutes successivement s'adaptent à la même tige pour agir par percussion. Les mordaches que l'on voit aussi avec ces outils, ont servi aux salines de l'est et dans les Ardennes ; elles sont en bois de chêne ferré. Enfin, 3 volumes in-folio renfermant les coupes géologiques de plus de 1,000 sondages exécutés, et le guide pratique avec planches, démontrent que cet exposant ne veut pas se faire un monopole de son art, puisqu'il le met à la portée de toutes les intelligences.

L'industrie des sondages est sortie de cette multiplicité d'inventions et de systèmes qui avaient longtemps fait croire que rien n'était encore fixé dans l'art du sondeur.

Les derniers appareils exposés ont seuls survécu; les autres, dont l'application était possible, facile même dans certains terrains spéciaux, n'ont pu résister aux difficultés que présentaient d'autres formations.

Il y a donc lieu d'encourager de toutes manières les efforts qui ont si bien réussi à constituer l'art du sondeur.

C'est assurément un résultat bien remarquable, qu'aujourd'hui aucun terrain, aucune formation géologique ne résiste à l'application des appareils qui ont été exposés. La profondeur d'un sondage est une question d'argent; ce n'est plus une question d'art.

Il ne faut pas oublier aussi que l'art est redevable à l'un des exposants d'une publication très-sérieuse, qui, sous le rapport des applications scientifiques de l'art du sondeur, met notre pays au premier rang, comme il y avait déjà été placé par l'importance des entreprises qui s'y sont exécutées et des succès obtenus.

Séance du 3 Août.

Moteur-pompe Girard.

MM. Ch. CALLON et FAURE, rapporteurs.

Le moteur-pompe de M. Girard renferme une machine motrice et une pompe, réunies dans le même appareil, ou, pour parler plus exactement, dans le même organe mécanique; il peut donc être considéré successivement comme moteur et comme pompe.

Comme *moteur*, on peut dire que c'est une machine à colonne d'eau à simple effet, dont le piston travaille seulement en descendant; machine à colonne d'eau qui offre cette particularité, qu'elle s'applique spécialement aux grands volumes et aux petites chutes, ce qui la distingue des machines à colonne d'eau ordinaires.

Le jeu de la machine consiste essentiellement en une cuve cylindrique dans laquelle se meut un piston percé d'une ou plusieurs ouvertures annulaires avec soupapes, qu'un ressort poussant de bas en haut, tient ouvertes ou levées quand les pressions sur les surfaces des pistons moteurs sont égales. Le fond de la cuve est également muni d'une soupape, aussi tenue levée par un ressort quand elle n'est point comprimée par une force supérieure.

La cuve reçoit l'eau motrice par le haut et l'écoule par le bas, quand le piston descend, sa soupape étant fermée, et celle du fond de la cuve étant ouverte pour l'évacuation de l'eau qui est au-dessous du piston (soulevée qu'elle est par son ressort). Ce piston travaille sous l'action d'une force qui a pour mesure l'aire du piston et la hauteur de la chute. En approchant de l'extrémité inférieure de sa course, le piston presse graduellement sur la soupape d'évacuation et la ferme, puis, continuant à descendre encore de quelques millimètres jusqu'au point mort, il comprime l'eau qui reste sous lui et la force à ouvrir la

soupape du piston ; dès-lors, la dépense d'eau est interrompue, et l'égalité de pression entre les deux faces du piston est établie. Pour faire passer le point mort et remonter le piston entre deux eaux sans travailler, l'auteur a recours à la force vive acquise d'un volant qui fait partie du système de la machine, volant qui porte un contre-poids destiné à équilibrer le poids du piston ; celui-ci remonte donc *à vide* ; seulement lorsqu'il approche du haut de sa course, un arrêt oblige la soupape à se baisser et à se fermer ; mais continuant à monter de quelques millimètres jusqu'au point mort, il produit une aspiration réelle qui rouvre la soupape inférieure d'évacuation ; le volant fait alors passer le point mort, et tout est prêt pour une nouvelle descente.

Maintenant la pompe proprement dite est des plus simples ; il faut concevoir que la partie centrale du piston moteur forme fourreau d'un diamètre proportionné à la masse d'eau à élever. Ce fourreau glisse à frottement doux sur un tube ouvert, deux fois recourbé à la manière du syphon renversé. Ce fourreau, en montant, aspire l'eau à élever ; il l'a refoule, en descendant, à une hauteur plus ou moins considérable. Un jeu de clapets très-simples (dont l'un s'ouvre dans le bief supérieur et dont l'autre est disposé dans le tuyau élévatoire lui-même, pour empêcher le recul de la colonne d'eau refoulée) complète ce dispositif.

Les principes théoriques qui ont présidé à la composition de cette machine sont d'une rigueur incontestable ; la lenteur du mouvement du piston, principalement au moment où il fait ouvrir les soupapes vers les points morts, le mode d'action directe de l'eau motrice ; la forme et la grandeur des soupapes (qui, suivant l'auteur, sont égales à la moitié de l'aire du piston, dans le projet du Pont-Neuf) ; la manière dont fonctionnent ces soupapes qui s'ouvrent brusquement, mais qui se ferment lentement et graduellement, de façon à ne causer aucun arrêt brusque dans les masses d'eau en mouvement ; toutes ces conditions sont autant de gages de succès.

Les garnitures consistent, du moins dans l'un des modèles exposés, en garnitures de cuir analogues à celles de la pompe

des Prêtres, et rencontrent par conséquent les mêmes objections qui ont fait abandonner ce dernier système : course assez limitée, usure prompte des cuirs par les plissements et déplissements réitérés qu'ils éprouvent et par les sables et autres matières que l'eau entraîne ; mais il est juste de faire observer que cette garniture ne constitue nullement un organe *essentiel* de la nouvelle machine, et cela est si vrai que, dans son projet pour le Pont-Neuf, l'auteur a fait un piston en fonte, passant dans un cylindre en fonte, sans garnitures et avec un jeu d'environ $0^m,003$, piston sillonné de plusieurs rangs de cannelures qui en font le tour, et qui présentent ainsi des rétrécissements et des élargissements successifs dans lesquels la vitesse de l'eau, qui tend à passer par le jeu en question, s'amortit promptement par l'effet répété des changements brusques de vitesse, l'idée de cette disposition appartenant, du reste, à M. Cavé.

Il faut dire, en outre, que la cuve en bois proposée par l'auteur, dans l'état actuel de l'art de la construction des machines, est un mode d'exécution trop vicieux pour être conservé; aussi l'auteur l'a-t-il fait disparaître dans son grand projet pour le Pont-Neuf.

Il est permis aussi d'attendre une plus longue expérience avant de se prononcer définitivement sur l'emploi des ressorts à hélice pour la manœuvre des soupapes, sur leur durée, etc. Néanmoins, l'auteur pourra faire faire encore un pas à ce côté de la question, en adoptant une disposition qui soustraie ces ressorts au contact de l'eau et des corps qu'elle peut tenir en suspension.

Les avantages de la réunion du moteur et de la pompe sur un seul système, *un seul piston*, sont évidents; toutefois, ces avantages ne sont pas sans inconvénients, principalement au point de vue des réparations du piston-pompe, et de l'impossibilité où l'on est de varier le diamètre de ce dernier piston, suivant les circonstances variables de la chute du volume d'eau, tant à dépenser qu'à élever, etc.

Pour faire comprendre la portée de cette dernière objection,

MM. Faure et Callon font observer que dans cette machine, une fois la mise en train opérée, la colonne d'eau *motrice* doit avoir très-approximativement le même poids que la colonne d'eau refoulée ou élevée. Si donc, à un certain moment, la chute diminue, l'équilibre dynamique sera rompu, la machine ne fonctionnera plus dans ses conditions normales; si elle augmente, il en sera de même; seulement, dans ce dernier cas, l'auteur aura une ressource, celle de baisser la vanne circulaire, intérieure à sa machine, qui rétrécira la sortie de l'eau et formera comme un frein sur cette machine.

Supposez, au contraire, que la pompe soit séparée du moteur, mais placée au-dessus, sur la tige prolongée, on pourra, en imitant ce qui se fait dans certaines pompes d'injection des presses hydrauliques, varier le diamètre du piston, de manière à maintenir constamment l'équilibre entre la puissance et la résistance, quelles que soient pour ainsi dire les limites entre lesquelles varient (en sens inverse l'un de l'autre) la chute et le volume. Ainsi on calculera le diamètre de la machine pour le cas de la plus petite chute et du plus grand volume; à ce cas, répond celui de la vitesse qu'on se propose de ne pas dépasser, puis à mesure que le volume disponible diminuera, on réduira la vitesse en proportion; mais comme la chute, en général, augmentera au fur et à mesure que les eaux seront moins abondantes, on augmentera, dans une proportion semblable, l'aire du piston-pompe, en sorte que la quantité d'eau élevée restera toujours la même, ou du moins restera toujours en relation exacte avec la puissance disponible. Ainsi, contre l'opinion qui a été exprimée dans un rapport lu à l'Académie des sciences, les conditions théoriques proposées à cette machine se trouvent toujours accomplies malgré les variations inévitables de sa marche, résultat précieux que n'obtiennent pas la plupart des machines hydrauliques.

Si les données de volume et de chute sont par trop variables, on fera deux machines accouplées à 180 degrés, mais qui pourront marcher isolément quand on aura beaucoup de chute et peu d'eau.

On pourra objecter que le mouvement assez lent de la machine (celles du Pont-Neuf feraient dix coups doubles par minute) aura pour effet de la rendre coûteuse, comparativement à une pompe ordinaire mue par une turbine, par exemple. Des devis exacts faits pour des circonstances variables pourraient seuls résoudre la question de dépense d'une manière positive. MM. Faure et Callon évitent donc de se prononcer à cet égard.

La lenteur du mouvement est d'ailleurs une condition qui paraît inséparable du bon rendement de cette machine. MM. Faure et Callon n'ont pas une connaissance personnelle de ce rendement, mais il leur paraît certain qu'il doit dépasser, *en eau élevée*, celui d'une turbine transmettant le mouvement à un système de pompes.

Un membre ayant élevé quelques objections sur la valeur de cette machine, au point de vue de son application à d'autres usages que celui de l'élévation de l'eau, au mouvement des usines, par exemple, M. Callon expose que d'après l'étude qu'il a eu occasion d'en faire, la machine à colonne d'eau, en général, n'est pas propre à transmettre le mouvement à des filatures ou autres usines de ce genre, par cela même qu'elle est éminemment propre à élever de l'eau. Puis, revenant à la machine Girard, en particulier, il fait remarquer : 1° que le mouvement assez lent de la machine nécessiterait une transmission compliquée; 2° que le mode d'action à simple effet et la lenteur du mouvement exigeraient un volant énorme; 3° enfin et surtout, que les machines-outils, dont la vitesse doit être aussi constante que possible, ne pourraient s'accommoder des changements de vitesse qu'il est de la nature de ce moteur de prendre lorsque le volume d'eau à dépenser vient lui-même à changer.

Relativement aux machines soufflantes, l'application, sans présenter de difficultés aussi graves, est cependant assez douteuse, car le mouvement très-lent du moteur amènera une lenteur égale dans celle de la soufflerie, et par suite conduira à faire des soufflerie grandes et coûteuses, tandis qu'au contraire

la force des choses a amené graduellement les ingénieurs à faire des soufflerie à grande vitesse, principalement parce qu'elles coûtent moins cher. Cette considération est d'autant plus sérieuse qu'il faudrait nécessairement faire la soufflerie, comme le moteur, à simple effet, d'où nécessité, ou de plusieurs grands réservoirs d'air, ou de plusieurs systèmes accouplés.

Séance du 7 Septembre

Des Constructions navales.

M. LECŒUVRE, rapporteur.

Sous le rapport des constructions navales, l'exposition de 1849 a produit peu de choses; elle ne présente que quelques modèles insignifiants; l'espoir qu'on avait fondé à la dernière exposition sur les bâtiments en fer a été complétement déçu. On n'a pas jusqu'à présent découvert de peinture qui pût les préserver des dégradations; celles qu'on a employées ne durent pas plus de trois mois, au bout desquels les coques se couvrent de coquillages et de végétations; il est probable que dans peu de temps les coques en fer seront abandonnées sur mer et ne s'emploieront plus que pour le service de la navigation fluviale.

D'après l'avis de M. Lecœuvre, l'objet principal de l'exposition de 1849 est l'appareil de bateau à vapeur de 120 chevaux, construit par M. Nillus, du Havre, lequel n'est cependant qu'une copie, et une copie imparfaite, de la machine de Penn. On a remplacé les deux pompes à air adaptées dans le système anglais à chaque machine, par une pompe à double effet, ce qui est un changement fâcheux à cause des dérangements fréquents de la pompe à air, et de l'impossibilité de marcher en cas de visite, lorsqu'il n'y en a qu'une; du reste, la construction est soignée, et M. Nillus a déjà construit, sur un modèle analogue, un appareil de 160 chevaux pour le bateau à vapeur le *Phénix*, qui a donné de très-bons résultats; quand le

temps est favorable, on atteint facilement une vitesse de douze nœuds; il peut sans crainte entrer en lutte avec le meilleur bateau de la marine militaire. Contrairement à ce que l'on trouve sur l'appareil exposé, chaque machine est munie d'une pompe à air à simple effet.

M. Hardy a exposé un petit modèle de machine à vapeur dans lequel il a remplacé les roues par un système de pales articulées, à la manière des rames. Ce système ne paraît pas devoir être une application avantageuse.

M. Guérin, du Havre, a exposé un petit modèle de gouvernail qui donnera certainement d'excellents résultats. Ordinairement les gouvernails sont mus par des chaînes et des poulies de renvoi qui causent des retards dans la manœuvre et des ruptures fréquentes; ce sont ces inconvénients que M. Guérin a cherché à éviter. Il emploie un arbre horizontal portant à ses extrémités deux filets, l'un à droite, l'autre à gauche, sur lesquels se meuvent deux écrous articulés avec bielles s'appliquant sur le gouvernail qu'elles manœuvrent avec facilité et d'une manière continue. Ces appareils peuvent se placer dans l'entrepont à l'abri des boulets; ils sont plus sensibles que les gouvernails ordinaires, ce qui est très-important dans les mauvais temps. En résumé, cet appareil offre de très-grands avantages, ainsi que l'on a eu l'occasion de s'en convaincre dans les applications qui ont eu lieu, et se répandra certainement lorsqu'il sera suffisamment connu.

On a exposé plusieurs appareils de sauvetage, entre autres celui de M. Bourot, qui consiste en ballons d'étoffe accouplés et remplis d'air au moyen de pompes. On passe sous le bateau les cordes qui s'adaptent à ces ballons et qui font remonter le bateau. Ce moyen, qui est d'ailleurs très-ancien, ne semble pas applicable.

Un autre appareil de sauvetage est celui de M. Delvigne, connu sous le nom de porte-amarre. Un cylindre creux, renfermant une bobine avec cordages, est lancé par une bouche à feu; l'une des extrémités de la corde qui se déroule est fixée dans le sol

près du canon ; l'autre extrémité est portée à l'endroit où l'on veut porter secours en cas de naufrage. Il n'a encore été fait que des expériences qui ont parfaitement réussi. Ce procédé, qui rendra sans doute par la suite de grands services, n'a pas encore été appliqué.

L'exposition présente aussi un bateau plongeur qui a servi dans le port de Brest ; il est fait en tôle d'une forte épaisseur, et composé d'une partie centrale cylindrique terminée à l'arrière par une demi-sphère et à l'avant par un cône ; il est divisé à l'intérieur par une cloison demi-sphérique, de manière à former deux compartiments servant, le plus grand, de réservoir d'air comprimé, et le plus petit, de chambre de travail pour les ouvriers. Quand on veut faire descendre le bateau au fond de l'eau, l'on commence à comprimer l'air à une pression de plusieurs atmosphères ; on bouche ensuite le trou d'homme par lequel les ouvriers sont entrés et l'on fait venir une certaine quantité d'eau dans le bateau ; par cette opération, le bateau descend graduellement. Dès que l'effet se produit, l'on doit ouvrir le robinet d'air comprimé de manière à en introduire un peu dans la chambre des ouvriers, afin que l'eau n'envahisse pas le compartiment, l'on en laisse passer constamment une quantité suffisante pour que la pression de l'air fasse équilibre à la colonne d'eau dans laquelle on est plongé. Dans le fonds de la chambre des ouvriers se trouve un puits dans lequel ils descendent et que l'on a soin de toujours tenir à sec ; par ce procédé, les ouvriers peuvent travailler au fond de l'eau avec autant d'aisance que sur terre ; ils rentrent dans la chambre les objets qu'ils ont à tirer de l'eau ; quand ces objets sont volumineux, ils les attachent au fond du bateau. Lorsque leur magasin d'air est épuisé, ils remontent à la surface en chassant, au moyen d'une pompe, l'eau qui est dans l'intérieur du bateau. Cet appareil est, comme on le voit, une espèce de cloche à plongeur dans laquelle on emporte avec soi, pour plusieurs heures, une provision suffisante d'air nécessaire à la respiration.

Depuis l'exposition de 1844, l'on a fait sur la Seine, du pont

de la Tournelle au pont d'Ivry, une application de l'ancien procédé de tirage, au moyen d'une chaîne fixe, située au fond de l'eau. Il s'est formé une société sous le nom de Delagneau et compagnie qui peut remorquer un poids de 400,000 kilogrammes, à la vitesse de quatre kilomètres à l'heure, au moyen d'une machine à vapeur de 30 chevaux ; c'est un procédé de remorquage économique quand on n'a pas de grandes distances à parcourir ; il est seulement fâcheux que la chaîne casse fréquemment. L'on ne connaît pas encore la durée de cette chaîne qui a coûté 80,000 fr. à établir.

MÉMOIRE N° XII.

Situation de l'industrie des aciers en France (Exposition de 1849).

Par M. A. LA SALLE, Ingénieur civil.

La fabrication des aciers a pris en France, depuis une dizaine d'années, des proportions qui la rangent au nombre des branches les plus importantes de l'industrie nationale.

Les développements que prennent tous les jours les arts mécaniques, les constructions de toute nature, la circulation et surtout les chemins de fer, contribuent à son extension, et lui assurent des conditions de succès essentielles. Cependant la France tire encore de l'étranger, malgré les droits considérables dont ils sont frappés, une forte partie des aciers bruts et ouvrés, et des fers à aciers nécessaires à sa consommation.

Les causes qui régissent ces circonstances m'ont paru être un sujet d'étude intéressant, qui trouve naturellement sa place dans un compte-rendu d'exposition.

Les divers aciers employés dans les arts sont, comme on le sait, de trois sortes, qui diffèrent essentiellement les unes des autres par leur mode de fabrication. Ce sont les aciers naturels, les aciers de cémentation et les aciers fondus.

Les premiers s'obtiennent par le traitement direct de certaines fontes au feu d'affinerie; les seconds, par la carburation de fers spéciaux, et les derniers par la fusion de l'une ou de l'autre des deux variétés précédentes.

Quel que soit du reste le mode de fabrication, il importe avant tout que le fer et la fonte employés jouissent de la propriété qu'on est convenu d'appeler la propension aciéreuse, et il faut en outre qu'ils présentent un degré de pureté aussi élevé que possible.

Il résulte de là que la qualité des aciers doit nécessairement

varier suivant la nature des fontes ou des fers, au moyen desquels ils ont été produits.

Quant aux différences qui peuvent exister entre les trois espèces, elles tiennent à des qualités physiques bien déterminées, et l'importance relative qu'elles occupent dans la consommation, s'explique par la différence des prix auxquels elles sont écoulées, et par la plus ou moins grande facilité avec laquelle elles obéissent aux diverses manipulations qu'on est dans le cas de leur faire subir, pour les approprier aux nombreux usages auxquels elles sont destinées.

Les aciers naturels et les aciers de cémentation manquent d'homogénéité; on les améliore, il est vrai, par le corroyage ou le raffinage, mais cette opération, sans atteindre un but complet, a l'inconvénient de diminuer sensiblement la dureté et l'élasticité, et si elle est répétée un grand nombre de fois, elle finit par faire disparaître ces précieuses qualités.

Les aciers fondus, au contraire, produits avec des fers cémentés, sont en général plus purs et présentent une homogénéité parfaite, tout en conservant avec plus de persistance toutes les propriétés aciéreuses.

La plupart des aciers naturels fabriqués en France se préparent en Lorraine et en Alsace avec des fontes du Rhin; dans l'Isère, avec les fontes provenant des minerais de fer spathique d'Allevard et de St-Georges d'Hurtières; et dans la Nièvre, les Vosges, la Haute-Saône, etc., au moyen d'autres fontes françaises de moins bonne qualité. En outre, les forges catalanes des Pyrénées produisent accidentellement une assez grande quantité d'aciers communs qui s'écoulent pour les usages de l'agriculture; mais ces derniers participent trop de la nature des fers durs et aciéreux pour prendre rang dans les aciers; ils se vendent d'ailleurs presque tous dans les localités mêmes où ils ont été fabriqués.

Les aciers naturels importés se tirent d'Allemagne, de Prusse, de Styrie, etc.

Les uns et les autres trouvent leurs principales applications

dans la fabrication des outils d'agriculture, la coutellerie commune, la taillanderie et les étoffes en général. L'ouvrier les préfère dans beaucoup de cas à cause de leur soudabilité et malléabilité très-développées; et ils conservent assez bien, après le travail, les propriétés aciéreuses.

La production annuelle peut être estimée à environ 3,500,000 kilogrammes; et l'importation, tant en aciers bruts qu'en aciers ouvrés, à environ 8 à 900,000 kilogrammes.

Les aciers de cémentation se préparent dans le midi de la France, dans la Loire et dans quelques autres localités, à proximité des centres de consommation, avec des fers des Pyrénées, du Dauphiné, de la Suède, de la Norwége, de la Russie, de l'Algérie, etc., et ceux qu'on importe, ainsi que les aciers fondus, proviennent de l'Angleterre.

La production annuelle est d'environ 6,500,000 kilogrammes, et l'importation de 500,000 kilogrammes.

Les applications des aciers cémentés, raffinés ou simplement étirés, sont nombreuses; ils s'appliquent à presque tous les usages des aciers naturels en coutellerie, taillanderie, outils d'ateliers, outils tranchants, et surtout pour ressorts de carrosserie et de chemins de fer.

Quant aux aciers fondus, il est bien reconnu aujourd'hui qu'ils présentent une supériorité marquée sur tous les autres, et qu'ils se substitueraient peu à peu dans presque tous les cas aux aciers naturels et aux aciers cémentés, si la différence de prix n'était pas un obstacle, et si leur élaboration n'exigeait pas plus d'habileté de la part de l'ouvrier.

Déjà, aujourd'hui, ils s'emploient avec avantage dans la coutellerie fine, la fabrication des limes et râpes, des faux et faucilles, et en général de tous les outils tranchants ou taillants; dans la fabrication des ressorts d'horlogerie et autres, des scies, des armes blanches, des baïonnettes et baguettes de fusil, des molettes à graver les rouleaux d'impression, de la tréfilerie, des plumes métalliques, de la quincaillerie, de divers objets d'art ou de luxe, etc., etc.; et il n'est pas d'ateliers de construction

de quelque importance, qui n'en reconnaisse l'emploi avantageux pour la préparation des outils tels que : burins, crochets de tours, marteaux, matrices et étampes, etc., comme aussi pour certaines pièces de machines dans lesquelles les qualités aciéreuses sont recherchées.

Nous avons vu plus haut que la première condition pour obtenir des aciers de bonne qualité, est de rencontrer des fers ou fontes à propension aciéreuse très-développée et de grande pureté ; la valeur relative des divers aciers du commerce est étroitement soumise à ces deux conditions.

Jusqu'ici les fers de Suède de certaines marques de choix, tiennent le haut de l'échelle ; on est invariablement forcé d'y avoir recours pour produire les aciers de qualités supérieures. Les prix de vente en forges de ces fers varient de 50 à 87 fr. les 100 kilogrammes ; ceux des marques inférieures de 36 à 50 fr. ; et, en y comprenant les frais de transports, les droits d'entrée et autres, ils reviennent en France aux prix de 65 à 120 fr.

Après eux viennent les fers russes, qui coûtent en forges de 35 à 47 fr. et ressortent en France à 68 et 80 fr.

L'importation des fers à aciers de toutes sortes, peut être évaluée à environ 2,500,000 kil. par année.

Quant aux fers français, ceux des Pyrénées et principalement ceux de l'Ariége, présentent à un assez haut degré la propension aciéreuse ; la production accidentelle de l'acier dans les forges catalanes en est une preuve suffisante ; mais il résulte précisément du mode de traitement grossier qu'ils subissent, qu'ils sont rarement purs et homogènes, et qu'il est de toute impossibilité d'obtenir, par leur emploi, une fabrication aussi régulière et aussi parfaite qu'avec les fers de Suède et de Russie, des marques mêmes inférieures.

Nonobstant ces conditions défavorables, les fers des Pyrénées figurent dans la production des aciers de cémentation pour près des trois cinquièmes de la totalité des fers employés ; leur prix peu élevé explique seul la faveur avec laquelle ils sont recherchés ; ils coûtent en forges de 40 à 42 fr. les 100 kilog.

Les autres fers français n'entrent que pour une proportion assez restreinte; et, s'ils sont mieux épurés que ceux de l'Ariége, en revanche ils ont une propension aciéreuse assez bornée.

La fabrication du fer par la méthode catalane donne des produits essentiellement inégaux, manquant d'homogénéité et presque toujours souillés de cendrures, de pailles ou d'autres défauts; par cela même, ils exigent pour leur transformation en aciers épurés des manipulations plus difficiles et plus nombreuses, qui exposent à perdre plus rapidement la propriété aciéreuse, sans qu'il soit possible de faire disparaître complètement les défauts. Cela entraîne en outre à des frais de main-d'œuvre, de combustibles et à des déchets et rebuts qui rétablissent, en quelque sorte, l'équilibre avec les fers de Suède et de Russie des dernières marques, malgré le prix de revient bien plus élevé de ces derniers.

Les minerais de l'Ariége jouissent cependant d'une pureté remarquable, et le groupe des Pyrénées présente une variété d'espèces qui pourrait fournir d'utiles ressources pour le traitement au haut fourneau; mais ils sont en général excessivement fusibles et très-difficilement réductibles, ce qui rendrait ce mode de production peu aisé.

En second lieu, la disposition topographique du pays, où de rares forêts sont disséminées sur une grande étendue, est beaucoup moins propre à une grande exploitation, qu'à l'exploitation par de petites usines à la catalane.

Il y aurait donc dans cette voie de perfectionnement de graves difficultés à surmonter, de nombreux essais à tenter, et probablement aussi d'importants capitaux à sacrifier, avant d'arriver à une exploitation possible, industriellement parlant.

Cependant là est le seul moyen qui s'offre aux fabricants pour améliorer la production des fers à aciers indigènes. Là, aussi, serait leur seule ancre de salut, si la France venait à diminuer ou à supprimer les droits d'entrée sur les fers étrangers.

Dans l'état actuel des choses, on le voit, la France ne peut s'affranchir complétement de l'étranger, surtout pour les fers

destinés à la fabrication des aciers fins; mais elle est tenue de maintenir des droits protecteurs élevés, pour assurer le présent et réserver l'avenir d'une industrie qui est assurément susceptible de grandes et importantes améliorations, et qui peut devenir un jour aussi nationale par ses matières premières, que par la situation des nombreux établissements qui la pratiquent.

Au surplus, l'Angleterre, qui importe en France une assez forte quantité d'aciers supérieurs, se trouve elle-même dans des conditions analogues; elle tire de Suède, de Norwége et de Russie, la presque totalité des fers propres à la cémentation.

Une seconde condition, qui n'est pas moins importante que la première pour que la fabrication des aciers puisse s'exercer dans des conditions favorables, est qu'elle s'établisse sur des proportions considérables.

La cémentation est une opération excessivement variable, dont on n'est pas encore parvenu à se rendre absolument maître; on ne peut la conduire comme on veut; le plus habile s'y trompe, et d'ailleurs il n'arrive jamais que toute la masse chargée dans un four de cémentation, masse qui varie de 20,000 à 50,000 kilog., prenne la carburation d'une manière uniforme et complète.

Les produits obtenus à la cémentation sont de nature très-variée; il arrive souvent même que, dans une barre, on rencontre des différences notables. On est donc amené à faire un triage, à classer les échantillons selon leur cassure ou suivant d'autres signes caractéristiques qui sont familiers aux hommes du métier, et à les traiter, d'après leur degré de cémentation, soit pour aciers fondus de toutes qualités, soit pour aciers cémentés, étirés ou corroyés, de manière à fournir à la consommation des matières variées et appropriées aux nombreux besoins de l'industrie.

Il en résulte que les fabricants d'aciers doivent trouver l'écoulement de produits variés et nombreux; car s'ils étaient réduits à un seul genre ou à un petit nombre, leurs déchets et rebuts seraient considérables, et ne leur permettraient pas de vendre à des prix convenables.

Enfin, il importe aussi que leur production soit considérable, pour qu'ils soient en état de ne livrer au commerce que des marques égales, et pour obtenir cette régularité invariable de fabrication qui fait la réputation des marques, et justifie la confiance du consommateur.

Jackson est le premier qui ait produit en France de l'acier fondu, et qui ait établi la fabrication des aciers sur une grande échelle.

C'est à lui et à ses fils qu'on doit en quelque sorte tous les progrès que cette industrie a réalisés depuis une trentaine d'années, tant par l'émulation et la concurrence qu'ils ont soulevées que par les nombreux ouvriers qu'ils ont formés, et qui se sont depuis lors établis pour leur propre compte ou ont passé dans d'autres établissements.

Les aciéries de MM. Jackson ont pris une importance telle aujourd'hui, qu'elles ne le cèdent en rien aux plus réputées de l'Angleterre. Elles ne contiennent pas moins de douze fours de cémentation et une fonderie de cent creusets, à l'aide desquels elles élaborent annuellement environ 3 millions de kilogrammes d'aciers divers.

Ces habiles industriels sont donc arrivés à pouvoir réunir toutes les conditions de succès, en rapport avec l'état actuel des choses. Comme les fabricants renommés de Sheffield, ils tirent de Suède et de Russie les fers destinés aux marques supérieures, et ils sont à même, par des mélanges convenables et par des choix judicieux sur une énorme quantité de matières premières, d'approprier parfaitement leurs produits aux usages auxquels on les destine.

Leurs procédés sont d'ailleurs si perfectionnés, que les Anglais eux-mêmes ne dédaignent pas de venir emprunter leurs moyens.

Et cependant on trouve encore généralement répandue en France cette opinion. que les objets d'acier fabriqués en Angleterre sont supérieurs aux mêmes objets fabriqués en France.

Est-ce un préjugé, est-ce une opinion fondée? C'est l'un et l'autre. La vérité est que dans un grand nombre d'industries, on

n'emploie pas en France les mêmes aciers qu'en Angleterre. Les fabricants du Yorkshire eux-mêmes préparent des aciers spécialement destinés au commerce français, et qui sont en général plus doux que les aciers analogues qu'ils font pour l'Angleterre. Cela tient à ce que les ouvriers français qui emploient ces aciers, ne savent pas les traiter comme les ouvriers anglais ; que, moins soigneux ou moins expérimentés, ils ne parviennent pas à tirer le meilleur parti possible des matières qu'ils élaborent.

C'est ainsi, par exemple, qu'aux dépens de l'excellence des résultats obtenus, les aciers naturels sont préférés pour beaucoup d'usages aux aciers cémentés et fondus, à cause de leur plus grande malléabilité et de la facilité avec laquelle ils se laissent travailler. Par les mêmes raisons, il arrive souvent aussi que les consommateurs favorisent eux-mêmes ces tendances : ainsi le maréchal ou le forgeron achète une lime en acier corroyé parce qu'il compte l'utiliser comme acier lorsqu'elle est usée, sans réfléchir qu'il paie cet avantage bien cher par le peu d'usage qu'il obtient de sa lime ; tandis que s'il était assez adroit pour utiliser de la même manière une vieille lime en acier fondu, il y trouverait bien mieux son compte.

La France, je le répète, est en état de produire exactement les mêmes aciers que l'Angleterre ; les mécaniciens, les ingénieurs, et bon nombre d'habiles manufacturiers, sont là pour l'attester.

Il résulte d'essais faits à Indret par une commission nommée en 1842 par le gouvernement, dans le but d'examiner la convenance qu'il y aurait à substituer les aciers français aux aciers anglais, jusqu'alors exclusivement employés aux travaux de la marine, que la malléabilité à chaud de l'acier français avant la trempe, a été trouvée supérieure à celle de l'acier anglais, et que celui-ci conservait après la trempe une dureté égale, sinon supérieure.

Pour rendre ses expériences aussi concluantes que possibles, la commission fit substituer dans les travaux de l'atelier d'ajustage d'Indret, des aciers français aux aciers anglais précédem-

ment employés. A cet effet, la totalité du *silver-steel* qui avait été mis à sa disposition pour les essais, fut transformée en crochets de tourneurs, planes, burins, etc., qu'on mit entre les mains des ouvriers pour les usages journaliers.

Il résulta de cet essai en grand (j'extrais textuellement du rapport de la commission), « *qu'aucun des hommes qui se sont servis du* silver-steel, *et qui jusqu'alors employaient seulement l'acier anglais, ne s'est plaint de l'infériorité du premier sur le dernier; qu'ainsi, il est aussi dur et ne s'égraine pas davantage pendant le travail; qu'il n'est pas plus cassant; il y en a même, parmi plusieurs ouvriers, tendant à déclarer que la dureté du* silver-steel *était supérieure à celle de l'acier anglais.* »

Depuis l'époque où ces essais furent faits à Indret, la marine de l'Etat n'a pas cessé de s'approvisionner en France.

L'infériorité de certains produits français, tels que les limes, la coutellerie, etc., ne peut donc s'expliquer que par une différence d'habileté dans l'emploi des matières.

L'Anglais trouve moyen d'appliquer un acier dur et ingrat sous la main de l'ouvrier, dans les mêmes cas où il faut à l'ouvrier français un acier plus doux et plus facile à travailler.

Il serait à désirer, sous ce rapport, que les ingénieurs ou les fabricants qui en trouvent l'occasion, approchassent ces questions de très près, persévérassent eux-mêmes et talonnassent les ouvriers, de manière à les faire marcher au progrès malgré eux.

En somme, des deux conditions principales à réunir pour faire de l'industrie des aciers une industrie toute nationale, l'une est remplie aujourd'hui par l'importance des établissements qui la pratiquent, et par le chiffre d'une consommation qui ne s'élève pas à moins de 12 millions de kilogrammes par année.

L'autre est en voie d'acheminement, mais il reste beaucoup à faire. On n'a pu trouver encore dans les ressources naturelles du pays, ces gages de sécurité qui tiennent aux dons de la nature, et qui assurent d'une manière invariable l'avenir des industries. Celle des aciers n'a dû jusqu'ici ses développemens

qu'à la faveur des droits d'entrée considérables qui frappent les aciers étrangers ; droits énormes qui s'élèvent jusqu'à 120 francs par 100 kilogrammes pour les aciers fondus en barres, par exemple, et qui équivalent presque à la prohibition.

Les gouvernements qui se sont succédé depuis plus d'un siècle, n'ont pas cessé de la favoriser par tous les moyens qui étaient en leur pouvoir.

Si les résultats n'ont pas répondu entièrement aux espérances conçues, c'est que réellement les fabricants français se trouvent placés dans des conditions ingrates qu'il n'est pas sans intérêt d'examiner.

L'Angleterre a le monopole de certains fers de Suède, auxquels on est encore aujourd'hui forcé de recourir pour la production des aciers de première qualité. Le fabricant anglais se les procure à bas prix là où le fabricant français ne peut les obtenir qu'à un prix de revient très-élevé.

Les droits d'entrée de ces fers ne s'élèvent pas au-delà de 2 fr. 60 c. pour l'Angleterre ; tandis que pour la France, ils atteignent le chiffre énorme de 18 fr. 15 c. par 100 kilog.

Ils arrivent à Scheffield, moyennant un transport d'environ 50 à 60 centimes ; tandis qu'après avoir subi un fret considérable, qui varie, suivant les saisons, de 5 à 6 fr. par 100 kilog., il en coûte encore de 5 à 8 fr. pour les amener dans les aciéries de la Loire.

Enfin la supériorité et le bas prix des charbons anglais établissent un désavantage pour la France ; car là où l'on brûle de 300 à 350 kilog. de coke pour la fusion de 100 kilog. d'acier, on en consomme ici de 500 à 600 kilog., et en tout les mêmes proportions.

Il n'est pas jusqu'aux briques des fours qui créent une condition défavorable pour la France. On sait combien les briques réfractaires y sont à des prix élevés ; tandis qu'à Scheffield la boue ou la poussière des routes se trouve, par une faveur toute spéciale, réunir toutes les qualités réfractaires désirables.

En présence de ces différences de conditions qui emportent

un désavantage si marqué pour le fabricant français, on conçoit qu'un droit protecteur élevé soit maintenu, pour donner la vie à une industrie aussi intéressante que celle des aciers; mais on ne peut se dissimuler que le consommateur en souffre, et que cela paralyse de nombreuses et utiles applications.

Il serait à désirer que le gouvernement trouvât moyen d'y porter remède dans une certaine mesure; et peut-être le pourrait-il sans trop nuire à l'industrie indigène des fers à aciers, en diminuant les droits d'entrée sur les fers de Suède des marques supérieures que les fers de France ne peuvent ou ne pourront de longtemps remplacer.

Sur ce point, au moins, l'équilibre serait rétabli avec l'Angleterre, qui précisément fournit à la France les aciers fondus et corroyés supérieurs, préparés au moyen de ces fers de premier choix.

Quant aux progrès qu'on pourrait attendre au point de vue de l'art, l'industrie des aciers utilise aujourd'hui tous les moyens mécaniques perfectionnés empruntés aux usines à fer. Il n'y a, pour ainsi dire, que la partie purement chimique qui reste stationnaire et qui n'ait pas fait un pas en avant depuis l'origine ou, tout au moins, depuis que Réaumur par ses célèbres recherches, et Huntsman par sa mémorable découverte de l'acier fondu, ont enseigné au monde l'art et les moyens de fabriquer l'acier.

La cémentation et la fusion, à part certaines modifications dans les dimensions et la disposition des fours, se font exactement comme autrefois; les seules conquêtes que l'art ait faites dans cette voie, ont été la substitution du poussier de charbon de bois pur et simple aux céments composés, et l'abandon des fondants ou flux qui ont si longtemps fait faire fausse route aux recherches des artistes français.

Tout l'avenir de l'industrie des aciers au point de vue de la réduction des prix de vente, est donc lié surtout à la question de production de fers purs, et à propension aciéreuse très-développée.

Du jour où la France aura atteint ce but, elle aura conquis une industrie vraiment nationale et durable. Les droits exagérés disparaîtront ou se restreindront du moins à des limites raisonnables, et l'on verra la production et la consommation prendre un essor que l'imagination aurait de la peine à calculer.

Et l'on peut, jusqu'à un certain point, concevoir dès à présent la réalisation de cette importante condition, par le traitement au haut fourneau des minerais de l'Ariége, et peut-être aussi de ceux de l'Algérie ; car la pureté et l'homogénéité qui manquent aux produits actuels de ces localités, sont les seuls obstacles sérieux qui s'opposent à la production d'aciers supérieurs.

Les énormes différences de prix qui existent entre les diverses marques de Suède, paraissent elles-mêmes dépendre surtout de ces précieuses qualités, que les Anglais ont si bien caractérisées par un mot de leur langue, *soundness* (qualité d'être sain).

L'impureté est un obstacle au soudage intime de toutes les parties, qui, s'il a peu d'intérêt pour le fer lui-même, acquiert une importance immense dans le traitement des aciers. Les défauts qui en résultent sont peu apparents dans les barres, et ne sont souvent mis en évidence que par le poli ; mais ils rendent plus difficiles les élaborations ultérieures, et forcent fréquemment à rebuter des objets fabriqués au moment même où ils sont sur le point d'être achevés, et alors qu'ils ont coûté en pure perte bien au-delà de la valeur de l'acier.

Le défaut d'homogénéité n'est pas moins sérieux ; on conçoit en effet que des matières diversement constituées, ne se conduisent pas exactement de la même manière dans toutes les circonstances où elles se trouvent, et que, lorsque des différences notables se manifestent, les opérations sont rendues plus difficiles, et les résultats moins satisfaisants.

D'habiles maîtres de forges, pénétrés de l'importance de ce fait, ont eu l'heureuse idée d'introduire dans leur fabrication un triage analogue à celui qui est pratiqué après la cémentation. Ils sont parvenus, par ce moyen, c'est-à-dire en formant des

paquets de bouts de barres, présentant aussi exactement que possible les mêmes analogies, à produire, avec des fers à la houille, des pièces de forge telles que canons, mortiers, arbres, essieux, etc., qui, après avoir subi les épreuves les plus rigoureuses, ont été reconnues égales, sinon supérieures, aux mêmes pièces fabriquées avec des fers au bois de première qualité.

Ce fait, quoique étranger à la question qui nous occupe, prouve combien l'homogénéité est une condition importante, lorsqu'il s'agit de l'élaboration des métaux, et surtout des aciers qui passent par tant d'épreuves avant de recevoir leur dernière destination.

Il suffit, au reste, de considérer combien le degré de chaude doit varier suivant la nature du métal pour le soudage ou pour obtenir un degré de trempe déterminé, pour se convaincre que si toutes les parties d'une même pièce ne sont pas semblables, elles ne se conduiront pas de la même manière, et que le but ne sera jamais atteint que fort incomplètement.

J'ai cru devoir insister sur ces deux points, parce que je suis convaincu qu'ils sont du plus haut intérêt, eu égard à la question des fers à aciers français, et que cette propriété, si vantée dans les fers de Suède, qu'on a désignée par le mot *corps* en opposition avec l'aigreur, ne dépend, à tout prendre, que de l'union intime des molécules, affinité qui ne peut exister que sous les conditions de pureté et d'homogénéité, et qui ne peut être conservée après une série de manipulations tendant à la détruire plus ou moins, qu'autant que la matière première la présentait elle-même à un point suffisamment élevé.

Des fers de l'Ariége produits de hauts fourneaux au bois, et de feux d'affinerie à l'allemande également au bois, ressortiraient à des prix moins élevés; leur plus grande pureté et homogénéité diminueraient le nombre des manipulations qu'on est forcé de leur faire subir aujourd'hui, pour en obtenir des aciers médiocres, et il en résulterait inévitablement des produits qui seraient à la fois supérieurs et moins chers.

Il est permis de supposer aussi que la nature aciéreuse et

l'extrême pureté des minerais de Rancié (Ariége) et de l'Algérie, ne perdraient rien à ce mode de traitement, et fourniraient de nouveaux éléments à la fabrication de l'acier naturel produit par la décarburation partielle de la fonte.

Au surplus, des trois espèces d'aciers qui s'emploient encore actuellement, deux d'entre elles doivent tendre à s'effacer insensiblement devant la supériorité incontestable de l'acier fondu.

Pureté, homogénéité parfaite, tels sont les titres de ce dernier, qui réunit d'ailleurs à un plus haut degré toutes les propriétés recherchées dans l'emploi des aciers, et qui, avec un peu plus d'habileté, se soumet à toutes les exigences de l'art.

Il me suffira, pour établir ce dernier point, de citer quelques exemples frappants qui sont de véritables conquêtes du progrès.

Autrefois, la France était tributaire de l'Allemagne pour les aciers naturels destinés à la fabrication des faux et pour les faux elles-mêmes. On n'admettait pour bonne que la faux du Tyrol ou de Styrie. Aujourd'hui, la majorité de celles qui se font ou qui se vendent en France, sont en acier fondu; les établissements de la Loire seuls en produisent près de 400,000 par an. Pour certains usages, la faux en acier fondu l'emporte invinciblement sur les autres; ainsi, les habitants des bords de la mer qui recoltent le vareck, consentent à payer jusqu'à 10 francs une bonne faux en acier fondu, et la préfèrent exclusivement à toute autre, malgré une différence de prix de 300 p. 0/0.

Il en est absolument de même de la sape de Belgique et de la faucille d'Allemagne, qui tendent petit à petit à déserter le marché français, pour faire place aux produits similaires en acier fondu des usines de la Loire.

Une autre application, parmi les plus heureuses qui aient été faites jusqu'ici de l'acier fondu, consiste à remplacer, par des tiges de ce métal, les tiges de pistons des machines de marine qui sont sujettes à se fausser par de violents coups de mer, et à mettre le bâtiment en péril. Tous ceux qui s'occupent de machines connaissent les inconvénients des fortes dimensions

qu'on était auparavant forcé de donner à ces pièces, et peuvent apprécier l'avantage des nouvelles tiges.

Les tiges en fer aciéré ne sauraient d'ailleurs, en aucune manière, remplacer l'acier fondu comme solidité et élasticité.

Un préjugé assez répandu tendrait à faire considérer l'acier fondu comme un métal cassant, tandis qu'aucun autre ne présente autant de résistance à la rupture. On n'a qu'à examiner, par exemple, la manière dont résiste un sabre en acier fondu qu'on fait plier comme un jonc, et avec lequel on entaille du fer sans crainte de rompre le sabre, et où, cependant, la trempe est venue diminuer le corps du métal.

C'est si bien un préjugé que pour citer un exemple entre mille, je signalerai ces deux faits extrêmes : l'un d'un fabricant d'outils de chirurgie, l'autre d'un taillandier fabricant de bouchardes, tous deux de Paris, jouissant d'une juste renommée, qui, depuis longtemps, reçoivent à leur insu de l'acier fondu et croient employer de l'acier corroyé.

En France, la production et la consommation des aciers fondus sont encore, à l'heure qu'il est, assez restreintes. En Angleterre, au contraire, elles sont très-considérables.

Les aciéries du Yorkshire transforment en acier fondu près des deux tiers de leur production totale, qui est d'environ 16 millions de kilogrammes, et dans toute la Grande-Bretagne, ces aciers sont appliqués à presque tous les usages généraux, en coutellerie, taillanderie, tranchants de toute espèce, limes, râpes, ressorts, scies, quincaillerie, foyers, objets de luxe, etc., etc.; tandis qu'en France il n'est pas rare qu'on pousse à l'extrême contraire, jusqu'à faire des scies, des ressorts et des couteaux en fer pur.

Cependant, de nombreux exemples prouvent surabondamment que, malgré le prix élevé qu'il en coûte pour se procurer des aciers fins, il y a presque toujours avantage à les employer de préférence à d'autres ; les fabricants ne l'ignorent pas. Ceux-là même qui inondent les marchés de produits médiocres connaissent l'importance d'un choix judicieux de matières pour leurs

exploitations. Il est aujourd'hui peu d'ateliers qui n'en soient arrivés à employer, pour leurs usages intérieurs, les aciers des premières marques, et qui n'y trouvent des avantages réels ; et cela se conçoit aisément. Si, par exemple, un outil fabriqué avec tel acier qui coûte 200 francs, fonctionne pendant six heures sans être altéré, tandis que le même outil produit avec un acier de 100 francs ne fonctionne que deux heures, n'est-il pas vrai qu'il y aura avantage à employer le premier, tant pour le prix que pour le rendement de l'ouvrier? L'outil se trouvera coûter un tiers de moins, et produira un tiers de plus.

Tout cela est aussi logique que simple ; et l'on se demande comment on peut tomber dans des errements qui ne servent qu'à gaspiller l'argent du consommateur, et à nuire aux développements du progrès des industries qui suivent de telles voies.

En résumé, ce que j'ai voulu faire ressortir de cette ébauche sur la production des aciers en France, c'est que cette industrie est parvenue aujourd'hui à des conditions de succès essentielles, mais qu'il reste beaucoup à faire pour la rendre vraiment utile et avantageuse au pays.

Toute industrie qui ne doit son existence qu'à des droits protecteurs exagérés, ne repose pas sur des bases solides et inébranlables ; elle est à la merci des éventualités et des caprices du pouvoir. Et puis, les faveurs dont elle est entourée réagissent d'une manière préjudiciable sur les industries ses tributaires, et sur les intérêts des consommateurs.

Il peut être sage à un gouvernement de favoriser les premiers pas d'une industrie qui laisse entrevoir dans un avenir plus ou moins éloigné, des chances ou des probabilités de succès ; mais ce gouvernement serait coupable, s'il laissait le fabricant s'endormir dans une fausse sécurité, et s'il ne travaillait pas à l'amener à des résultats avantageux pour le pays.

Il est temps aujourd'hui de commencer à améliorer la situation de l'industrie des aciers à un point de vue plus général, c'est-à-dire sous le double rapport du producteur et du consommateur.

Deux moyens se présentent, l'un pour le gouvernement, qui consisterait à réduire les tarifs des droits d'entrée des fers à aciers, et à admettre même en franchise les premières marques de Suède, celles de Danemora, par exemple, qui l'emportent sur tous les fers connus, par leur haute propension aciéreuse et leur extrême pureté.

Ces fers reviendraient encore en France à des prix suffisamment élevés, pour qu'une large marge fût réservée à la concurrence des fers français, dans le cas où l'on parviendrait à les améliorer au point de les rendre égaux à ceux de Suède.

Le mode de contrôle adopté en Suède pour les marques de fabriques rendrait d'ailleurs toute fraude impossible, et n'entraînerait aucune complication sérieuse pour le système douanier.

L'autre moyen est entre les mains des fabricants; il réside dans une exploitation plus perfectionnée des ressources du pays; et l'on peut, sans crainte d'être taxé d'exagération, avancer au moins que tant que des expériences concluantes n'auront pas été faites sur le traitement au haut fourneau des minerais pyrénéens, il serait téméraire de frapper d'interdiction l'avenir d'une ressource si riche en espérances, et si digne de la sollicitude de tous ceux qui recherchent les véritables intérêts industriels de la France.

J'ai voulu enfin établir que les aciers supérieurs de France peuvent rivaliser avec ceux d'Angleterre, et que s'ils n'ont pas encore obtenu une faveur générale, cela tient à un vieux préjugé difficile à déraciner, mais qui, je me plais à le constater, diminue rapidement tous les jours.

Il y a lieu d'espérer que, dans un avenir assez rapproché, la France saura s'affranchir complétement de l'étranger pour tous les aciers nécessaires à sa consommation. Elle ne sera plus que tributaire de la Suède et de la Russie, pour les excellentes qualités de fers qui sont indispensables encore, pour créer des produits à la hauteur de ceux des autres pays; mais en ceci, la France sera du moins sur le même pied que l'Angleterre.

Quant à se passer entièrement de ces fers, le doute reste, et l'attente en tous cas sera probablement de plus longue durée, car les progrès métallurgiques sont généralement peu rapides, surtout lorsqu'il y a des réformes radicales à introduire.

Il en sera de même des progrès à réaliser sur l'emploi de matières plus convenables, dans les diverses applications des aciers, parce qu'il s'agit de combattre un préjugé et une routine consacrés depuis de longues années, et que le caractère de l'ouvrier ne s'y prête qu'avec lenteur.

A part les magnifiques tôles d'acier fondu de MM. Jackson, l'exposition de 1849 n'offrait rien de bien saillant sur celle de 1844, quant aux aciers bruts.

Il est du reste assez difficile d'apprécier le mérite de ce métal, sur les apparences extérieures et sur la cassure des barres ; cependant, on a pu observer que les aciers de MM. Jackson présentaient une uniformité de grainure remarquable, et que toutes les barres d'un même paquet ou d'une même marque, étaient rigoureusement semblables; ce qui justifie pleinement la haute réputation dont jouit cette maison.

Les aciers fondus marqués à la croix d'honneur, et à l'éléphant surtout, ont dû attirer l'attention ; mais leurs prix, quoique moins élevés que ceux des aciers anglais avec lesquels ils sont destinés à rivaliser, sont bien hauts pour être accessibles à tous les usages auxquels ils conviendraient. Ils reviennent à Paris à 280 francs les 100 kilogrammes.

Après les produits de MM. Jackson, je citerai ceux de M. Jacob Hobzer, qui, dans plusieurs qualités, les suivaient de bien près.

Quant aux autres fabricants, ils ont presque tous présenté des barres qui pouvaient être d'excellente qualité, mais l'égalité des signes extérieurs était loin d'atteindre le même degré de perfection.

Au reste, la parfaite uniformité de grainure qui constitue l'homogénéité et l'égalité des marques, n'est guère possible que pour les aciers fondus ; la nature des deux autres sortes,

et surtout celle des aciers naturels, quand bien même ils ont subi plusieurs corroyages, est incompatible avec cette égalité.

MM. Léon Talabot et Cie et M. de Bassano, ont exposé quelques échantillons d'aciers fondus fabriqués avec des fontes ou fers de l'Algérie. Ces aciers paraissaient être de qualité assez ordinaire; mais ils ne peuvent rien faire préjuger de certain, quant à présent, sur l'avenir de cette branche de l'industrie algérienne, parce qu'ils n'étaient que le fruit de premiers essais faits dans des conditions peu favorables. Ceux de MM. Talabot ont été obtenus au moyen de minerais de Bouhamra, convertis en fer par la méthode catalane, et ceux de M. de Bassano ont été préparés chez MM. Jackson avec des fontes aciéreuses produites au début du roulement du haut fourneau de Bone, pendant les études de la mise en feu, et alors qu'on n'en était qu'aux essais sur le traitement du minerai. Depuis lors, les événements politiques sont venus arrêter cette exploitation, qu'une nouvelle compagnie, sérieusement constituée, va reprendre prochainement.

Les aciers fondus en feuilles étaient sans contredit égaux en beauté aux produits similaires anglais; cette fabrication est, du reste, nouvelle en France; elle date de 1845.

Mais le progrès le plus sensible est plutôt dans la plus grande faveur accordée dans ces derniers temps, par le commerce français aux aciers indigènes, et surtout aux aciers fondus de premières marques, qui sont destinés à remplacer les aciers anglais supérieurs importés en France, et qui pourraient même les concurrencer sur quelques marchés étrangers favorablement placés, tels que la Suisse et la Savoie, si ces produits étaient dégrévés des droits qui frappent à leur entrée en France les fers de Danemora, avec lesquels ils sont fabriqués.

Plusieurs pièces de forge en acier fondu, telles que glissières de locomotives, arbres de tours, tiges de piston, etc., étaient également exposées, et se faisaient remarquer par leur fini d'exécution. Ces applications plus ou moins heureuses accusent un grand pas dans la fabrication des aciers fondus, et ouvrent aux constructeurs une nouvelle voie de perfectionnements, par l'in-

troduction, dans les machines, d'une matière qui réunit au plus haut degré les conditions de poli parfait, d'élasticité et de résistance, sous le plus petit volume possible. On ne saurait trop en encourager l'emploi; car, dans une infinité de cas, elle est en état de fournir aux arts des moyens d'action, bien supérieurs à ceux qu'on peut tirer de tous les autres métaux.

MM. Jackson ont exposé une tige de piston du poids de 1,037 kilog. ; la principale difficulté d'exécution de cette pièce, était dans la conduite de la fusion simultanée des 60 creusets nécessaires pour couler le lingot. Il fallait, en effet, que chacun de ces creusets, chargé de 20 kil. d'acier environ, arrivât au même point, à la même heure; car si cette condition n'eût été remplie, la pièce eût été manquée. Elle ne marque pas, du reste, la limite du poids que MM. Jackson sont en état de couler, puisque leur fonderie est organisée pour recevoir 100 creusets.

Quant à l'exécution de forge, la difficulté était dans le degré des nombreuses chaudes à donner, pour l'étirage et pour parer la pièce.

MM. Bergeron, Verdié et Cie avaient aussi à l'exposition une tige d'un grand volume, mais cependant beaucoup moins considérable que celle dont je viens de parler.

Les produits en acier ouvrés se sont également signalés par de notables améliorations, tant sous le rapport des prix que sous celui de l'exécution.

De 1844 à ce jour, la faux en acier fondu a continué à prendre faveur, et la faux d'Allemagne a été repoussée du marché français, dans des proportions de plus en plus fortes. Son importation doit être bien minime aujourd'hui, comparativement à ce qu'elle était autrefois ; il est probable que pour 1849 elle ne dépassera pas le chiffre de 50,000.

Il est incontestable qu'un progrès considérable a été fait dans la fabrication des faux françaises, et qu'elles sont aujourd'hui bien supérieures aux faux d'Allemagne pour les formes et pour la qualité. Des essais ont été tentés dans le but de réduire encore les prix de vente ; on a essayé de souder au borax une

lame d'acier fondu sur du fer, afin de former la nervure en fer et le tranchant en acier : la réussite a été complète ; mais cette fabrication n'a pas encore pris des proportions manufacturières.

On a aussi cherché à former des faux d'une lame d'acier rivée sur une nervure en fer, comme cela se pratique en Angleterre, où elles sont très-accréditées. Jusqu'ici elles n'ont pas été très-bien accueillies en France.

La fabrication de la sape en acier fondu, dont se servent les moissonneurs du nord de la France, pour le fauchage des céréales, est une nouvelle création qui a parfaitement réussi. Cet outil se tirait autrefois de Belgique ; il est probable que dans peu d'années, il n'en viendra plus une seule de l'étranger.

Enfin, les faucilles, forme ou façon d'Allemagne, sont aussi une production nouvelle qui a pris très-rapidement une grande importance ; elles sont infiniment supérieures, comme formes et comme qualités, aux faucilles en acier naturel d'Allemagne, et se livrent cependant au commerce aux mêmes prix. Ce produit est également en acier fondu.

Dans la fabrication des scies, deux importants perfectionnements ont été introduits ; l'un consiste à obtenir l'amincie du dos au laminage, pour éviter le meulage. Ce but s'atteint en laminant à froid et recuisant souvent, et en inclinant par pression le cylindre mâle, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, pour redresser les courbes produites, et de telle manière, qu'au dernier étirage, la lame sorte droite, quoique amincie dans un sens.

L'autre perfectionnement consiste à tremper les lames entre deux bandes de fer chauffées, qui les pressent fortement et les empêchent de se voiler ou de se bosseler ; cela évite le redressage, opération longue et difficile. On se borne alors à les passer une dernière fois à froid au laminoir, pour leur donner un écrouissage convenable.

Dans les gros aciérages de taillanderie, d'agriculture et autres, on commence à appliquer directement l'acier poule comme

en Angleterre. L'emploi de ce produit brut de la cémentation donne des résultats plus économiques et plus avantageux ; lorsqu'il est habilement employé, il acquiert par le travail direct sur les objets qu'on acière, les propriétés qu'il reçoit dans d'autres circonstances du corroyage.

Mais cette application ne pourra prendre de l'extension en France que lorsqu'on produira dans les qualités communes, et à bon marché, des aciers cémentés plus purs que ceux qui se font aujourd'hui.

La fabrication des ressorts de carrosserie a réalisé de notables progrès sous le rapport de la légèreté et de la flexibilité, surtout dans la suspension des diligences, des omnibus, des tapissières et de tous les lourds véhicules en général. Quant à ceux des chemins de fer, on ne peut en dire autant ; car, à part quelques légères différences et quelques exceptions peu nombreuses, ceux qui se font aujourd'hui ne présentent presque aucun progrès sur ceux qui se faisaient il y a cinq ans et plus.

L'opinion a été longtemps égarée au sujet des ressorts à entretoises ; on commence à en revenir ; il est probable que dans peu ils seront complètement abandonnés.

L'entretoise ne donne pas de force, comme on a paru le croire ; au contraire, elle nécessite des courbures peu rationnelles, qui ne permettent pas d'utiliser la propriété élastique à un degré aussi élevé que dans les ressorts ajustés. Si les ressorts à entretoises paraissaient présenter de l'économie sur les autres, cela tenait évidemment à ce qu'en général on les construisait avec des aciers plus épais ; il devait y avoir économie, puisque la résistance à la flexion croît en raison directe du cube des épaisseurs de barres. Mais c'était se mettre dans de mauvaises conditions ; rien n'empêche d'augmenter également l'épaisseur des feuilles dans les ressorts ajustés ; on le peut d'autant mieux, que pour ces derniers, on est parfaitement maître de la courbure à donner, ce qui permet de répartir la flexion également sur toute la longueur des feuilles, et par conséquent de tirer de la matière le plus grand parti possible. Quant au maximum

d'épaisseur à donner aux feuilles, il y a nécessairement une limite déterminée par l'élasticité de l'acier; le progrès doit tendre à rester le plus près possible de cette limite, et à rechercher toutes les dispositions qui favorisent l'emploi des aciers les plus épais.

On devrait aussi essayer d'employer les aciers fondus, qui, à dimensions égales, présentent plus de raideur et plus d'élasticité, et qui, par conséquent, sous un volume réduit, donneraient des résultats plus égaux, plus constants et plus durables. Quelques essais qui ont été faits en carrosserie bourgeoise seraient de nature à en faire présager le succès.

Au reste, les ressorts de chemins de fer ont été généralement exécutés jusqu'ici sur les plans et indications des ingénieurs; les fabricants n'ont pas eu la liberté d'y introduire les perfectionnements qu'ils auraient pu y apporter. Peut-être serait-il convenable de leur laisser une latitude plus grande; depuis qu'ils fabriquent pour les chemins de fer, ils ont dû se rendre compte des besoins, ils ont pu, mieux que personne, apprécier les avantages de tels ou tels systèmes, et ils doivent être en état aujourd'hui de faire avancer la question par leur initiative.

Les limes et râpes n'ont pas fait un grand pas. C'est surtout dans cette partie qu'on n'emploie pas en France les mêmes matières qu'en Angleterre. Une bonne lime exige un acier qui soit à la fois très-résistant et très-dur; c'est aussi le plus difficile à travailler; on y parvient cependant en le faisant recuire pendant longtemps à une haute température, et à l'abri du contact de l'air; mais cela exige beaucoup de soins de la part de l'ouvrier. Les limes françaises sont en outre peu égales; cela tient surtout à la trempe, qui n'est pas faite dans des conditions rigoureusement semblables. Il serait à désirer qu'on adoptât pour la trempe les habitudes anglaises, qui consistent à opérer dans l'obscurité la plus complète; l'ouvrier peut bien mieux juger sa chaude et parvenir à une plus grande régularité, que s'il opère en plein jour. Ce mode de procéder serait aussi par-

faitement applicable à la coutellerie, à la quincaillerie, et en général à tout ce qui exige une trempe uniforme et régulière. Il arrive souvent que sur vingt rasoirs, on n'en trouve pas deux qui se ressemblent, quoiqu'ils aient tous été fabriqués exactement avec la même matière, avec la même barre d'acier; cela tient évidemment à l'irrégularité de la trempe et au peu de soin qu'on apporte généralement dans cette opération.

La quincaillerie se faisait d'ailleurs remarquer par l'élégance des formes; la soudure au borax a atteint aujourd'hui un degré de perfection très-élevé, et les prix de vente sont généralement tombés assez bas. Il est vrai que c'est souvent un peu aux dépens de l'ouvrier; il serait bien préférable de procurer de l'économie par une plus grande perfection des produits, plutôt que de la rechercher dans la diminution des salaires, qui ne sont déjà pas de nature à procurer beaucoup de bien-être à une classe laborieuse et intéressante à plus d'un titre.

Au reste, la misère de 1847 et la crise politique de 1848 ont forcé beaucoup de fabricants à des réductions qui ne seront que passagères, et qui devront disparaître au retour de la confiance et à la reprise des travaux.

Beaucoup d'affaires se sont traitées pendant la durée de l'exposition; beaucoup de relations se sont renouées. Il est à espérer que l'industrie ne tardera plus longtemps à reprendre son essor, et qu'avec elle renaîtront la force et la sécurité de la France.

MÉMOIRE N° XIII.

De l'emploi du Zinc dans les constructions,

PAR M. YVERT, Ingénieur civil.

L'expérience ayant démontré depuis plusieurs années tout le parti qu'on pouvait tirer du zinc, ce métal a été mis en œuvre sous tant de formes différentes, qu'on est parvenu aujourd'hui à pouvoir le laminer en feuilles très-minces, le marteler, le tourner, le découper avec la plus grande facilité, l'étirer en fils de tout diamètre comme le fer, et le couler comme la fonte.

Ces avantages, réunis à un prix très-modéré, le font employer dans un grand nombre de cas, dans les constructions et pour une foule d'usages domestiques.

Il y a déjà un certain nombre d'années que l'on se sert du zinc en feuilles dans les couvertures, et son emploi de préférence à la tuile, à l'ardoise, au plomb ou au cuivre, offre plusieurs avantages.

L'expérience a prouvé qu'un espace donné, recouvert en zinc, aurait coûté, au bout d'un certain nombre d'années, $\frac{3}{5}$ de moins que si l'on eût employé de la tuile, et $\frac{1}{2}$ de moins que si l'on eût employé de l'ardoise. Une couverture en plomb, et surtout en cuivre, serait beaucoup plus chère.

Une couverture en feuilles de zinc présente beaucoup moins de joints. On peut donc donner au toit une inclinaison beaucoup moindre. Ainsi, tandis que l'on donne ordinairement $1\frac{1}{5}$ pour 1 de base aux toits en tuiles, et 1 pour 1 de base aux toits en ardoises, on ne donne que $\frac{2}{5}$ pour 1 de base à ceux des habitations couvertes en zinc, et même $\frac{1}{3}$ pour 1 de base à ceux des hangars, des halles, des remises, etc.

Il s'ensuit que, quand l'on emploie le zinc, on a une moindre surface de couverture.

De plus on a besoin de moins de bois pour la charpente des combles; les murs de pignon et les souches de cheminée sont moins élevés; les gros murs ont donc moins de poids à supporter. Car, tandis que 1 m. c. de tuiles pèse de 80 à 90 kil., et 1 m. c. d'ardoises 17 à 20 kil., le mètre carré de couverture de zinc en feuilles du n° 14 ne pèse que 7 kil.

Le zinc est plus tenace et plus léger que le plomb; il présente la même solidité avec une épaisseur quatre fois moindre.

Les feuilles de plomb, ne glissant pas facilement sur les surfaces qu'elles recouvrent quand il se manifeste des variations de température, se gondolent, se plissent et n'offrent plus une surface unie. Dans les angles, par ces changements de température, les feuilles de plomb sont sujettes à un mouvement plus ou moins gradué qui fait jeu de charnière et les déchire très-promptement.

Quand on a soin de poser les feuilles de zinc à dilatation libre, leur emploi ne présente aucun des inconvénients que nous venons de rappeler pour le plomb.

Une couverture en zinc coûte environ quatre fois moins qu'une couverture en cuivre.

De plus, l'oxide de zinc qui se forme à la surface des feuilles n'étant pas soluble, ne communique pas aux eaux les propriétés vénéneuses que le cuivre et le plomb lui donnent. Cet oxide, à la surface, préserve le reste du métal qui ne s'altère plus, tandis que le cuivre, une fois attaqué, continue à s'oxyder.

En cas d'incendie, une toiture en zinc, à cause de sa faible pente, permet de porter des secours partout où c'est nécessaire. Ce métal fond à une température plus élevée que le plomb; il coule sans produire d'étincelles comme lui, et fondant bien avant de rougir, il n'a pas, dans ce cas, les mêmes inconvénients que le cuivre.

Quand on emploie le zinc pour couverture, il faut que les voliges et les tasseaux sur lesquels on pose les feuilles de métal

soient en sapin ou en bois blanc et non pas en chêne, parce que l'eau de condensation, qui, par suite des changements de température, recouvre la surface interne de la couverture, dissout les sels tanniques contenus dans le bois, et acquiert ainsi une action corrosive qui attaque rapidement les feuilles de zinc.

Il faut aussi éviter qu'il touche du fer exposé à l'humidité, parce que l'action galvanique qui résulte du contact de ces deux métaux amène la prompte destruction du zinc.

Les feuilles de zinc sont numérotées par ordre d'épaisseur. Le n° 1 indique la plus faible.

Toutes les feuilles du n° 10 au n° 25 ont 2 mètres de long sur 0m,50, 0m,65 ou 0m,80 de large. Elles coûtent en ce moment 60 fr. les 100 kil.

Les feuilles de zinc que l'on emploie le plus ordinairement pour couverture sont celles du n° 14. Elles ont 0mm,87 d'épaisseur, et selon qu'elles ont l'une des trois largeurs, elles pèsent 5k,95, 7k,70 ou 9k,50. C'est généralement de la plus grande largeur que l'on se sert. Le poids du mètre carré est de 5k 95.

On emploie aussi avec succès, pour couverture des bâtiments en général, des ardoises en zinc qui peuvent être cannelées, estampées ou à écailles. Ce genre de couverture, dont le prix varie entre 7 fr. 50 et 10 fr. le mètre carré tout posé, demande beaucoup de soin; mais, en raison de la petite dimension de chaque ardoise, dont la dilatation est complétement libre, il ne peut y avoir déformation dans la surface. Aussi, il existe des constructions couvertes par ce système qui, depuis dix ans, n'ont donné lieu à aucune réparation d'entretien.

On emploie le n° 15 (qui a 1mm,01 d'épaisseur) pour couvrir les terrasses, chaperonner les murs, faire des chéneaux et des gouttières, ainsi que des tuyaux de descente, qui ne coûtent que de 2 fr. 30 à 2 fr. 50 le mètre courant tout posé. (Les feuilles de ce n° pèsent 7k,50 le mètre carré.)

On fait aussi des tuyaux de cheminée qui ont l'avantage de

ne pas être attaqués par la fumée et la pluie, et qu'on n'est pas obligé de peindre comme les tuyaux en tôle. On a pu donner aux tuyaux en tôle les propriétés des tuyaux en zinc en les galvanisant, opération qui n'est autre chose qu'un zincage; mais on ne leur donne ces nouvelles qualités qu'en augmentant le prix.

Sans parler ici des mille applications diverses qui ont déjà été faites de ce métal, soit pour les ustensiles de ménage, ornements et décorations estampés ou fondus, châssis de comble, girouettes, clochetons, doublures de mangeoires ou de caisses d'emballage, caisses à poudre, vasistas ou encadrements de vitraux d'église, couvertures de wagons ou de voitures ordinaires, etc., etc., on doit cependant signaler un nouveau progrès dont on a pu voir l'application à l'exposition dernière : c'est la transformation du zinc en moulures pour chambranles, pilastres, corniches et autres décorations des façades de bâtiment. Cette idée toute nouvelle est destinée sans doute à avoir des résultats très-avantageux; mais pour que l'application en soit faite d'une manière sérieuse dans l'industrie, il faut que les prix de revient actuels soient tellement diminués, qu'il n'est presque pas permis d'espérer que jamais ils puissent lutter avec ceux des moulures en plâtre qu'on exécute aujourd'hui.

Depuis 1833, on s'est servi des feuilles de zinc pour le doublage des navires au lieu de feuilles de cuivre; mais à partir de 1840, son emploi s'est généralisé, et le nombre de navires doublés en zinc a toujours été en augmentant. Toutefois les navires au long cours qui doivent naviguer dans les pays chauds n'ont pas adopté ce métal; ils craignent pour lui l'action d'une haute température. Pour le cabotage des côtes de l'Europe, on n'a pas à redouter les mêmes inconvénients, et en Angleterre, l'année dernière et surtout cette année, un grand nombre de bâtiments des ports de Plymouth, de Newcastle, des Shields et de Liverpool ont été doublés en zinc.

On se sert, pour le doublage des navires, des nos 15, 16 et 17, dont les feuilles, pour l'usage spécial de la marine, ont des

dimensions autres que celles indiquées plus haut. Il y a des feuilles de 1 m,15 de longueur sur 0m,35 de large, et d'autres de 1m,30 sur 0m,40. C'est ordinairement la plus petite dimension qu'on emploie.

Le n° 15 s'applique au milieu de la carène et au-dessous de la ligne de flottaison, en un mot, dans les endroits qui ont le moins de fatigue; le n° 16, à l'arrière du navire et sur la ligne de flottaison, et le n° 17, à l'avant où le frottement de la lame exige une plus grande résistance.

On fait des clous en zinc de toute espèce, de toute dimension, pour ainsi dire, et même des pointes de Paris qu'on peut faire entrer dans un morceau de cœur de chêne sans les faire ployer.

L'industrie sucrière emploie les feuilles nos 18, 19 jusqu'à 24 (qui ont 1mm,36, 1mm,48, 1mm,66, 1mm,85, 2mm,2, 2mm,19 et 2mm,37, et qui pèsent 8k,45, 9k,35, 10k,30, 11k,25, 12k,50, 13k,75 et 16k,25 le mètre carré), pour faire des formes à sucre, des recouvrements de planchers, des lits de pains, des réservoirs, des caisses à cristallisation et à filtration, des couloirs pour recevoir le sucre non cristallisable qui coule des formes. On emploie les nos 23 et 24 pour garnir intérieurement les cuves à papeteries. Faites avec ces numéros, ces cuves peuvent durer 50 ou 60 ans.

L'industrie des papiers emploie les nos 8 et 9 pour le satinage; mais la fabrication de ces feuilles exige des soins très-minutieux pour obtenir un grain d'une grande finesse et d'une surface parfaitement unie. Dans ce cas, les feuilles ont des dimensions particulières, et le n° 8 coûte 150 fr. les 100 kil., et le n° 9, 120 fr.

On emploie aussi le n° 10 pour le satinage des étoffes, et, dans ce cas, il vaut 90 fr. les 100 kil.

Les feuilles des nos 1, 2 et jusqu'à 8 sont celles que l'on perfore, au moyen d'emporte-pièce, pour faire des cribles et des tamis en zinc qui ne se crèvent pas comme ceux en peau ou en crin. On emploie utilement des feuilles perforées pour clô-

ture de cage, de garde-manger, partout enfin où l'on n'a pas besoin d'une forte résistance.

On fait, enfin, des plaques en zinc pour la gravure qui ont 5 millim. d'épaisseur, pour un prix très-modéré.

Un grand pas fait par l'industrie du zinc est celui de l'étirage. On fait maintenant du fil de zinc comme du fil de fer.

Il n'a pas, à beaucoup près, les mêmes propriétés; mais il peut le remplacer avantageusement dans tous les cas où le fil de fer sert seulement comme lien, quand il est exposé à l'humidité et quand il n'a pas besoin d'offrir une grande résistance. Ainsi, le fil de zinc n° 1 peut être employé très-avantageusement pour la fabrication des treillages d'espalier, pour attacher les plantes à leurs tuteurs.

Suivant le numéro du fil, le prix de la botte de fil de zinc de 5 kil. coûte de 3 fr. 55 à 5 fr. 55. Comme ce métal est plus léger que le fer, pour le même prix on a une plus grande longueur de fil. Du reste, ce fil se casse difficilement. Son plus grand défaut est de manquer d'élasticité. On en fait des toiles métalliques pour garde-manger et garde-feu, pour grilles pour les confiseurs, couvre-plats de toute façon, cages, tamis, cribles et grillages qui ne sont pas exposés à recevoir de grands chocs; car, une fois déformés, ils ne peuvent plus reprendre leur forme première.

On fait aussi des cordages en zinc qui se ploient très-aisément, et avec des cables de $0^m,25$ à $0^m,30$ de diamètre, on peut faire un nœud avec la plus grande facilité. Mais il est douteux que ces cordages trouvent beaucoup d'application.

La fonte de zinc est employée à faire les mêmes pièces que la fonte de fer; mais comme elle est beaucoup plus légère, elle donne des objets d'art à bien meilleur compte qu'elle.

Elle remplace donc avantageusement, dans une foule de circonstances, le marbre, le bronze et même la fonte de fer.

Dans ces derniers temps, des études sérieuses et approfondies ont permis de reprendre avec succès un emploi spécial du

zinc dans l'industrie, trouvé déjà depuis longtemps, mais resté jusqu'à ce jour sans application positive : c'est sa substitution au plomb et au cuivre dans la fabrication du blanc et des couleurs à base de plomb et de cuivre; cette étude rentre dans celle des produits chimiques.

MÉMOIRE N° XIV.

Analyse de quelques grès cérames,

Par M. SALVÉTAT,

Chimiste de la manufacture nationale de Sèvres.

La fabrication des grès cérames fins et grossiers n'a pas été jusqu'à présent ramenée, relativement à la composition de la pâte, à des proportions simples et définies. Fréquemment consulté sur la valeur, pour cet usage, de certaines argiles plastiques, j'ai cherché, par l'analyse des quantités de silice et d'alumine renfermées dans les grès, à connaître dans quelles limites ces éléments pouvaient varier, en prenant en considération la nature du vernis dont ces produits céramiques sont recouverts. J'ai choisi pour point de départ les grès les plus connus, ceux dont les bonnes qualités ont assuré la réputation. Cinq avaient reçu une glaçure par des procédés divers, cinq autres étaient à l'état de grès mats.

Tous ces grès ont été pulvérisés, puis traités par l'eau et séchés. L'eau ne leur a rien enlevé. Il était indispensable de leur faire subir cette opération afin de ne pas considérer comme partie constituante les alcalis qui auraient pu pénétrer mécaniquement la pâte pendant l'opération du salage et qui n'auraient été qu'interposés.

On a attaqué la poudre fine séchée par l'acide hydrofluorique, et les élements ont été séparés par les procédés ordinairement employés. La silice a été dosée directement dans une attaque au carbonate de soude.

Les tableaux qui suivent renferment les résultats ainsi obtenus.

GRÈS CÉRAMES LUSTRÉS.

	Vauxhall. (1)	Helsinborg. (2)	Frechen. (3)	Voisinlieu. (4)	St-Amand. (5)
Silice	74,00	74,60	61,01	74,30	75,00
Alumine	22,04	19,00	24,50	19,50	22,10
Oxyde de fer	2,00	4,25	8,50	3,90	1,00
Chaux	0,60	0,62	0,58	0,50	0,25
Magnésie	0,17	Traces.	0,92	0,80	Traces.
Alcalis	1,06	1,30	1,42	0,50	0,84
Perte	0,13	0,23	0,09	0,50	0,81

GRÈS CÉRAMES MATS.

	Saveignies. (6)	Chine. (7)	Japon. (8)	Baltimore. (9)	Wedgwood. (10)
Silice	65,80	62,00	62,04	67,40	66,49
Alumine	27,64	22,00	20,30	20,00	26,00
Oxyde de fer	4,25	14,00	15,58	2,00	6,12
Chaux	1,12	0,50	1,08	0,60	1,04
Magnésie	0,64	Traces.	Traces.	0,09	0,15
Alcalis	0,24	1,00	Traces.	0,60	0,20
Perte	0,31	0,50	1,00	0,40	0,00

(1) Grès de Vauxhall, pâte blanchâtre, fine, bien tournée, à surface extérieure poreuse, vernissée au sel marin.

(2) Grès de Helsinborg en Scanie, pâte grisâtre, grossière, mal tournée, vernissée au sel marin.

(3) Grès de Frechen, pâte brun foncé fine, bien tournée, vernissée, à couverte terreuse.

(4) Grès de Voisinlieu, fabrication de MM. Ziégler, pâte blanchâtre, fine, bien travaillée, vernissée au sel marin.

(5) Grès de Saint-Amand, pâte commune, à couverte terreuse. Ce grès avait déjà été analysé par M. Berthier; cette analyse confirme la sienne.

(6) Grès de Saveignies, pâte brun-clair, grossière, très-sonore.

(7) Grès de la Chine, pâte très-fine, bien travaillée, fortement colorée en brun rouge.

(8) Grès du Japon, pâte de même apparence que celle de la Chine.

(9) Grès de Baltimore, pâte blanchâtre, très-fine.

(10) Grès de Wedgwood, pâte jaunâtre, très-fine, très-sonore, bien tournée.

L'analyse de cette poterie, faite il y a quelques années par M. Buisson, lui avait donné les résultats suivants :

Silice.....	62	Chaux.....	2
Alumine.....	24	Soude.....	8
Oxyde de fer.....	1	Perte.....	3

La présence d'une aussi grande quantité de soude dans ce grès comme élément normal me paraît inadmissible ; une semblable composition, analogue à quelques verres à bouteilles, aurait certainement fondu, et il est à peine possible de l'admettre comme alcali interposé, en raison de la finesse du grain et de l'imperméabilité de la pâte des grès du célèbre potier. C'est le doute que je conservais à l'égard de l'exactitude de cette analyse qui m'a engagé à la répéter, et les résultats auxquels je suis arrivé font disparaître toute incertitude.

Pour vérifier la valeur des données fournies par l'analyse et constater l'influence de la température sur la fusibilité d'un composé de cette sorte, j'ai soumis à la température des fours de porcelaine de Sèvres des fragments des grès analysés, et pour la plupart ils ont subi cette température sans s'altérer.

Cependant les grès nos 7 et 8 de la Chine et du Japon se sont considérablement ramollis et agglutinés. Le grès no 3 de Frechen s'est un peu affaissé. L'intensité de la coloration qu'ont prise ces diverses poteries s'est maintenue proportionnelle à la quantité de l'oxyde de fer indiquée dans l'analyse.

Les résultats qui précèdent, obtenus sur des produits venant de localités très-éloignées, mettent en évidence que, sous le rapport de leur contenance en silice, en n'ayant pas égard à la température nécessaire pour les cuire, les grès cérames peuvent être divisés en deux groupes : l'un siliceux, renfermant les grès à 75 pour 100 d'acide silicique ; l'autre moins siliceux formé par les grès qui ne contiennent que 62 à 66 pour 100 de cet acide. Le reste des éléments dans les deux groupes se compose d'alumine, d'oxyde de fer, de chaux et d'un peu d'alcali, en proportion variable, mais l'alumine étant toujours l'élément dominant.

La fusibilité du composé, et par conséquent la température à laquelle il convient de porter la poterie pour la cuire sans déformation, dépend des proportions de ce mélange.

La composition chimique de la pâte paraît, du reste, intimement liée à la nature du vernis dont elle est recouverte. En jetant un coup d'œil sur le deuxième tableau qui contient les grès mats, on voit immédiatement que ces grès se classent *tous* dans le second groupe, tandis que ceux qui composent le premier tableau appartiennent au premier groupe, à une seule exception fournie par le grès de Frechen, recouvert d'une glaçure terreuse. Les grès nos 1, 2 et 4, qui ont reçu un simple lustre par le procédé du salage, renferment environ 75 pour 100 de silice.

Cet excès de silice conseillé par la pratique, indiqué par l'expérience seule, a bien certainement pour but de faciliter la décomposition, sous les influences réunies de la vapeur d'eau et d'une température élevée, du chlorure de sodium projeté dans les foyers à la fin de la cuisson.

Ces prévisions ont été pleinement confirmées par l'expérience. J'avais cru devoir faire faire quelques essais afin d'établir si l'action du sel sur la silice était différente suivant l'état de combinaison de cet acide.

Deux compositions de grès formées de façon que, cuites, elles représentassent la composition du grès de Voisinlieu, ont été faites, l'une avec une argile naturelle plastique offrant la composition désirée; l'autre, avec une argile plus alumineuse, mais dégraissée par une quantité convenable de sable pur.

Toutes les deux ont été façonnées, puis cuites l'une à côté de l'autre et vernissées. Après la cuisson, elles étaient complétement et également vernies. Un pot de grès de Saveignies placé à côté des deux qui précèdent avait à peine pris un lustre léger.

Quoiqu'il soit impossible de décider *à priori* s'il faut attribuer l'identité d'action du sel marin sur les deux composés qui précèdent, soit à ce que les argiles ne sont que des mélanges naturels de sable et de silicates d'alumine, soit à ce que, sous l'influence d'une température élevée, le sable lui-même se combine

directement à l'alumine ou au silicate d'alumine, comme semblent le prouver d'anciennes expériences de M. Berthier, il n'en résulte pas moins pour la pratique ce fait important, que le sel marin, dans les circonstances convenables, est décomposé, quel que soit l'état de la silice dans la combinaison, pourvu qu'elle y soit en quantité suffisante. Il ne me paraît pas inutile de rappeler ici que MM. Brongniart et Malaguti n'ont pu donner au biscuit de Sèvres qu'un glacé à peine sensible en soumettant cette substance à l'opération du salage (1).

En résumant, on peut déduire des analyses et essais qui précèdent, les propositions suivantes :

1° Les grès cérames peuvent se diviser d'une manière générale en deux groupes, sous le rapport de leur contenance en silice. Ils en renferment une quantité variable entre 0,75 et 0,62.

2° Les grès mats en contiennent *généralement* moins que les grès vernissés.

3° La glaçure par le sel marin paraît exiger un excès d'acide silicique ; les autres glaçures s'appliquent indistinctement sur toute pâte, quelle que soit sa richesse en silice.

4° La glaçure appliquée sur le grès augmente à peine la proportion d'alcali renfermée dans la pâte ; ces alcalis sont fournis aux grès mats par les argiles, qui en renferment *toutes* en quantité variable.

(Extrait des *Annales de Chimie et de Physique*, tome XXIII.)

---

(1) Toutes les pâtes de service sont composées à Sèvres de manière à renfermer :

Silice	58,00
Alumine	34,50
Chaux	4,50
Potasse	3,00
	100,00

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Octobre, Novembre, Décembre 1849.)

N° 7.

Dans l'une des séances du mois de septembre, la Société centrale des Ingénieurs civils avait été invitée par le comité de l'Association des inventeurs et des artistes industriels (1) à nommer une commission permanente de cinq membres, avec pouvoirs spéciaux pour étudier, discuter et voter définitivement, en commission centrale, avec la Société d'encouragement et plusieurs autres Sociétés, les bases sur lesquelles devait s'appuyer une requête qu'elle voulait adresser au gouvernement au sujet de la propriété intellectuelle.

La Société s'empressa de répondre à l'appel qui lui était fait. Pendant quatre séances, elle examina attentivement les points principaux qui dominent la législation des brevets, savoir : la question de l'examen et du non examen préalable, celle du prix et celle de la durée des brevets, et elle nomma, pour la représenter dans la commission centrale, MM. Alcan, Callon, Faure, Vuignier et Barrault, en leur donnant mission de tenir le bureau au courant de la marche des travaux auxquels ils devaient prendre part et d'en référer à la Société pour tout vote à donner.

Les cinq sociétaires désignés se mirent immédiatement en

(1) Présidée par M. le baron Taylor, de l'Institut.

rapport avec le comité de l'Association des inventeurs et artistes industriels, et votre bureau pense pouvoir, dans le prochain compte-rendu, vous faire connaître le résultat des délibérations auquelles ils auront pris part.

Les autres séances de la Société ont été remplies par la lecture des mémoires ou notes :

De M. Arson, sur les produits de l'industrie, relatifs à l'éclairage ;

De M. Yvon Villarceau, sur les instruments géodésiques ;

De M. Knab, sur un enduit conservateur pour les bois de construction et spécialement pour les bois de navire ;

De M. Emile Chevalier, sur les constructions en charpente ;

De M. Eugène Flachat, sur l'établissement des chemins de fer en Espagne ;

Par celle du rapport du trésorier sur la situation de la Société à la fin de 1849 ;

Et par la discussion des modifications à apporter aux statuts dont la révision partielle avait été demandée par cinq membres.

Les propositions qui ont été faites à ce sujet portaient sur les conditions d'admission des sociétaires, sur celles d'éligibilité du président et sur la composition du bureau. Elles avaient pour but, d'une part, de faire disparaître des statuts, avec le principe de non rééligibilité du président, le privilége qui y est inscrit pour les Ingénieurs sortis de l'École Centrale des arts et manufactures, en soumettant aux mêmes conditions tous les ingénieurs, sortis ou non de cette école, et d'autre part, d'étendre le cadre du bureau de manière à appeler à la vice-présidence toutes les spécialités de la profession de l'Ingénieur civil.

Prises en considération par la Société, ces propositions ont été renvoyées à une commission de cinq membres, composée de MM. Callon, Houel, Polonceau, Faure et Yvert.

Cette commission présenta un projet qui, avec trois amendements de MM. Alcan et Flachat, fut approuvé et voté dans l'assemblée extraordinaire du 21 décembre.

Par suite, le texte des statuts de la Société se trouve modifié comme suit :

ART. 5. Les membres de la Société, dont le nombre est illimité, se divisent en membres sociétaires et membres associés ; le nombre des membres associés ne devra jamais excéder le cinquième de celui des membres sociétaires.

ART. 6. Pour être admis à faire partie de la Société à titre de membre sociétaire, il faut *être Ingénieur* (1), exercer actuellement ou avoir exercé la profession d'Ingénieur.

Toute personne s'occupant spécialement de l'étude des sciences qui se rapportent à l'art de l'Ingénieur, tout industriel peut être admis dans la Société à titre de membre associé.

ART. 7. La demande d'admission à l'un des deux titres indiqués devra être faite par écrit, signée par le candidat et par trois membres de la Société ; elle sera adressée à l'un des secrétaires.

Cette demande fera connaître les nom et prénoms du candidat et le lieu de sa résidence habituelle ; elle exposera sommairement, mais d'une manière précise, ses études antérieures et ses travaux.

ART. 8. La demande sera transmise sans délai au Comité par les soins du secrétaire auquel elle aura été adressée.

Le Comité examinera ensuite et discutera cette demande ; il pourra appeler dans son sein l'un des parrains signataires et le prier de développer au besoin les termes de la demande en ce qui concerne les travaux antérieurs du candidat.

Le Comité décidera, à la simple majorité, s'il y a lieu de présenter le candidat.

Dans le cas où un candidat repoussé par le Comité persisterait dans sa demande, il pourra en appeler à la Société (2).

ART. 9. Dans la réunion de la Société qui suivra et dans le cas où le Comité aura décidé la présentation, le Président fera

(1) Amendement proposé par M. Alcan.
(2) Amendement de M. Alcan.

connaître à la Société la décision du Comité et donnera lecture de la demande.

Au jour de cette présentation, le nom du candidat et les noms des trois parrains seront affichés dans la salle des séances.

La demande d'admission repoussée par le Comité ne sera portée à la Société que du consentement du candidat (1).

ART. 10. Dans la séance qui suivra celle dans laquelle la présentation aura eu lieu, la réunion votera sur l'admission proposée, au scrutin secret et à la fin de la séance.

Les secrétaires resteront chargés du contrôle propre à assurer la vérité du scrutin.

ART. 11. Lorsque le candidat aura réuni les deux tiers des suffrages exprimés, le Président prononcera l'admission en indiquant si le nouveau membre est admis comme membre sociétaire ou comme membre associé.

ART 12. L'admission ayant été prononcée, la demande du membre admis restera déposée en minute dans les archives de la Société pour y commencer un dossier relatif au membre admis.

Une lettre d'avis signée par l'un des secrétaires sera adressée au nouveau membre avec un exemplaire des statuts de la Société.

Avant de participer aux travaux de la Société et de recevoir ses publications, le membre admis devra avoir formulé une adhésion écrite aux statuts, laquelle restera annexée à son dossier particulier.

ART. 13. Comme aux anciens statuts.

ART. 14, 15 et 16. Supprimés.

ART. 17. Dans les six mois qui suivront son adhésion, tout membre devra adresser au secrétariat de la Société, soit un mémoire sur une question industrielle ou scientifique, soit une notice détaillée sur des travaux par lui exécutés.

Tout membre qui n'aurait pas rempli ce devoir dans le délai fixé pourra être censuré par le Président en séance, après avoir

(1) Amendement de M. E. Flachat.

été toutefois avisé par le bureau, qui restera juge des motifs du retard et libre d'accorder un nouveau délai de trois mois.

La censure prononcée par le Président pourra être sanctionnée par la suspension de l'envoi des publications de la Société au membre censuré.

ART. 25. Le Comité se compose :

1° De 10 membres du bureau ;
2° De 18 autres membres.

Le nombre de ces derniers pourra être porté à vingt par des adjonctions successives, votées par la Société sur la proposition du Comité.

ART. 27. Le bureau se compose de 10 membres, savoir :

1 Président ;
4 Vice-Présidents ;
4 Secrétaires ;
1 Trésorier.

L'un des membres du bureau sera chargé des fonctions de Censeur.

ART. 43. Les membres du Comité et du Bureau seront rééligibles, mais la présidence ne pourra être confiée au même sociétaire pendant deux exercices consécutifs.

Disposition exceptionnelle et spéciale. L'exécution de l'art. 43, en ce qui concerne la non rééligibilité immédiate du président actuel, est prorogée au mois de décembre 1850.

Article additionnel. Tous les articles des anciens statuts qui seraient contraires aux modifications votées en assemblée générale, le 21 décembre 1849, sont et demeurent abrogés.

A ces nouvelles dispositions statutaires, l'assemblée extraordinaire des membres de la Société ajouta, sur la demande de l'un des secrétaires (1) :

Le Comité sera chargé de rédiger un règlement intérieur qui

(1) M. A. Bellier.

sera soumis dans une séance spéciale et désignée par lettre de convocation, à l'approbation de la Société.

Ce règlement devra contenir les modifications qu'il peut être utile d'apporter au système actuel de cotisation et de perception des cotisations.

Dans la séance du 21 décembre, la Société entendit encore et approuva le rapport du Trésorier.

La fin de l'année amenait le renouvellement du Bureau et du Comité. La Société a procédé à la nomination de membres qui devaient le composer, en faisant l'application de l'une des dispositions des statuts qu'elle venait de modifier (article 25). Le résultat du scrutin a donné la composition suivante :

Membres du Bureau.

Président :

M. Eug. FLACHAT.

Vice-Présidents :

MM. Charles CALLON. — MM. C. POLONCEAU.
Émile VUIGNIER. — Stéphane MONY.

Secrétaires :

MM. Adolphe BELLIER. — MM. Victor BOIS.
Gustave GAYRARD. — Léon YVERT.

Trésorier :

M. PRIESTLEY.

Membres du Comité.

MM. PETIET, NOZO, FAURE, ALCAN, HOUEL, CALLA, EDWARDS, DEGOUSÉE, GROUVELLE, BARRAULT, PAUL SEGUIN, THOMAS, Yvon VILLARCEAU, DELIGNY, KNAB, CAVÉ, GOUIN, LAURENS.

Les membres nouvellement admis sont :

Pendant le mois d'octobre,

MM. PÈTRE, présenté par M. LASSALLE.
FOURNIER, présenté par M. GANNERON.
LEFRANÇOIS, présenté par M. BOIS.
LIMET, sur sa demande.

Pendant le mois de novembre,

MM. CHARPENTIER, sur sa demande.
POMMIER, dº.

Pendant le mois de décembre,

MM. MELIN, admis sur sa demande.
Ch. DEVILLE, dº.
Amand MAIRE, dº.
L. BLOT, dº.
LECLERC, dº.
SAUTTER, dº.
CHAUVEL, dº.
HERVIER, dº.
DEBAS, dº.
DE FONTENAY, dº.
BUSSCHOP, dº.
Stéphane MONY, présenté par M. DEGOUSÉE.
H. DE RUOLTZ, présenté par M. POLONCEAU.

EXTRAITS DES PROCÉS-VERBAUX.

Séance du 5 octobre.

Produits de l'Industrie relatifs à l'Éclairage.

M. ARSON, rapporteur.

Les produits de l'exposition de l'Industrie, relatifs à l'Éclairage proprement dit, offraient peu d'intérêt; les innovations, les améliorations même y sont presque nulles.

Sans la découverte de M. Knab, l'éclairage par les corps *solides* n'offrirait absolument rien de nouveau à signaler.

L'éclairage au moyen des liquides, dits *hydrogène liquides*, paraît complétement abandonné. L'éclairage à l'huile n'offrait rien de neuf; toujours la lampe Carcel et ses imitations à la hauteur de toutes les bourses. Il y avait quelques lampes à bon marché cependant, entre autres une lampe de filature à double réflecteur parabolique, éclairant un métier de 12 mètres d'étendue, avec 2 centimes 1/2 d'huile, et ne coûtant que 10 francs d'acquisition.

L'éclairage au gaz n'avait aucun représentant pour sa fabrication et la question si importante de son épuration. Ni procédé, ni appareil, ni produit, ni agent chimique *ad hoc*.

La canalisation ou la tuyauterie seule, cette partie si importante de l'établissement de l'éclairage au gaz, a reçu des perfectionnements nouveaux.

Les tuyaux de la fabrique Chameroy, déjà si perfectionnés aux précédentes expositions, l'ont encore été depuis. Les embranchements principaux et les branchements particuliers présentaient de grandes difficultés qui résultaient surtout de l'imperfection avec laquelle on étamait sur place la tôle dont se

composent les tuyaux. M. Chameroy y a remédié en étamant, ou plutôt en plombant extérieurement la tôle sur toute sa surface, sous la couche de bitume, comme elle l'est intérieurement. Il a aussi imaginé pour les branchements, c'est-à-dire pour le raccordement des tuyaux de plomb, un raccord à vis sans soudure ni mastic. Il se compose essentiellement d'une bague qui porte un épaulement et un filet, et qui est coupée comme elle le serait par un trait de scie. A l'aide de cette coupure, on peut l'introduire par l'orifice pratiqué dans le tuyau, bien que cet orifice soit d'un diamètre moindre que celui de l'épaulement que porte la bague. C'est quelque chose de comparable à *l'anneau brisé*. Cette bague, qui fait tout le mérite de l'invention, sert de base à un raccordement à vis qui serre le plomb, légèrement évasé, entre un cône plein et un cône creux. Toutes les pièces sont en fonte et venues avec les filets de vis.

Les petits tuyaux de plomb propres à la répartition de l'éclairage se font maintenant en si grande longueur, qu'on peut les considérer comme continus ; il n'y a plus de soudures intermédiaires à faire.

Les phares présentaient plusieurs dispositions nouvelles Deux d'entre elles sont dues à M. Letourneaux, savoir : 1° Un réflecteur sphérique en glace étamée destiné à renvoyer dans une direction utile les rayons de lumière perdus dans la direction des terres. Ce réflecteur, qui a 1 mètre 40 centimètres de côté, a été coulé plan, réchauffé, étendu sur une surface sphérique de 1 mètre 77 centimètres de rayon, puis poli et enfin étamé ;

2° Des panneaux fixes à membrures inclinées. Au-dessus et au-dessous de la partie mobile du phare sont placés des panneaux fixes qui sont destinés à signaler la direction du phare par un feu continu ; or, les membrures verticales peuvent produire, surtout à une grande distance, une éclipse plus ou moins étendue de la lumière par la projection de leur ombre. L'inclinaison de ces membrures présente évidemment l'avantage de réduire cette éclipse à un point, c'est-à-dire de les détruire.

M. Letourneaux avait aussi à l'exposition des lanternes-phares pour la navigation. Elles sont éclairées par une bougie seulement, mais elles sont garnies d'un réflecteur en glace étamé qui en renvoie la lumière à 12 kilomètres. De Paris à Saint-Germain, on distingue le changement des verres de couleur qu'on y applique.

M. Letourneaux s'occupe des signaux de chemins de fer qui lui offriraient une application précieuse et étendue.

Un autre phare, construit par M. Lepaute, présentait dans son mouvement d'horlogerie une disposition qui pourrait recevoir des applications nombreuses dans la construction des machines. Les ailettes qui sont destinées à produire une résistance à l'accélération du mouvement, sont commandées par un pendule conique ordinaire qui en fait varier l'inclinaison suivant le besoin, de manière à faire varier aussi la résistance de l'air.

Séance du 16 novembre 1849.

Des Instruments de précision.

M. YVON VILLARCEAU, *Rapporteur.*

M. Yvon Villarceau ne s'est pas occupé des instruments de physique et de chimie, qu'il a pensé devoir être étudiés par un autre membre de la Société; il s'est occupé des niveaux, des cercles employés dans la géodésie et la topographie et des instruments astronomiques.

Les niveaux et les cercles que l'on construit aujourd'hui sont pour ainsi dire parfaits, eu égard aux opérations auxquelles les emploient les Ingénieurs. On semble même chercher, dans beaucoup de cas, à obtenir un degré de précision à peu près inutile. Les progrès à réaliser maintenant doivent consister surtout dans la simplification et la réduction des prix des appareils de puissance donnée.

Les soins que l'on apporte à la perfection des axes et des divisions, dans les instruments qui servent aux opérations topographiques, vont souvent au-delà de ce que peuvent exiger les faibles dimensions des lunettes.

Autrefois on se préoccupait beaucoup des erreurs de division et avec raison; aujourd'hui on y fait moins d'attention, parce que les erreurs de pointé sont généralement et de beaucoup plus considérables que celles des divisions des limbes. Nos artistes sont effectivement parvenus à diviser couramment les cercles avec une précision que l'on n'aurait osé espérer il y a cinquante ans! Aussi abandonna-t-on généralement l'usage des cercles répétiteurs, qui ont principalement pour objet d'atténuer indéfiniment l'effet des erreurs de division.

Le cercle mural de Gambey à l'Observatoire de Paris, dont la longueur de la lunette et le diamètre sont d'environ 2 m., peut

être cité comme présentant une précision des divisions de beaucoup supérieure à celle du pointé. Ainsi, l'erreur à craindre dans la moyenne des lectures de six microscopes faisant fonction de verniers, est [1] de 0",04 à 0",05, tandis que l'erreur à craindre dans le pointé s'élève de 0",2 à 0",3 pour un grossissement de 150 fois environ.

Les instruments de géodésie que l'on construit actuellement sont munis de cercles dont la graduation surpasse également en précision celle du pointé.

Les constructeurs doivent donc tendre à diminuer les prix ou à augmenter la puissance optique de leurs instruments, tout en cherchant à opérer les simplifications qui ne seraient pas de nature à en diminuer les avantages.

L'exposition a été en progrès sous le rapport de la construction, en France, des instruments astronomiques. Ainsi elle a présenté trois machines parallactiques de faibles dimensions. Leurs auteurs, MM. Brunner, Lerebours et Buron, sont assez connus pour qu'il ne soit pas nécessaire de faire ici l'éloge de leur talent; ils n'attendent pas non plus les faibles encouragements de la publicité en cette matière, pour continuer des efforts plus d'une fois couronnés de succès.

Les lunettes que les machines parallactiques sont destinées à diriger varient de grandeur suivant les usages. Dans les grands établissements astronomiques, on se sert avantageusement de lunettes dont la longueur atteint presque 10 mètres. L'observatoire de Paris ne possède pas encore d'appareil parallactique muni d'une lunette de cette dimension. On a préparé un dôme tournant pour en recevoir un. La construction de ce dôme est due à l'habileté de MM. Travers et Calla; mais l'instrument est encore à construire.

Pour donner une idée de ce genre d'instrument, M. Yvon Villarceau expose à peu près ce qui suit :

(1) Mémoire de M. Faye sur les divisions du cercle mural de Gambey (*Comptes-Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, tome XXVII, page 633.)

En géographie on fixe la position d'un point par la longitude, la latitude et l'altitude ou élévation de ce point au-dessus du niveau moyen de l'Océan.

Dans les opérations géodésiques, on mesure les hauteurs des différents points au-dessus de l'horizon et leurs azimuths, au moyen des cercles vertical et horizontal d'un théodolite; et il ne resterait qu'à déterminer les distances linéaires de ces points à la station, si l'on voulait obtenir leurs positions rapportées au plan horizontal de cette station. On procède d'une manière analogue en astronomie.—Si l'on conçoit l'axe primitivement vertical du théodolite, incliné parallèlement à l'axe du monde, on aura l'idée d'une machine parallactique. A l'aide de cet instrument, on détermine avec facilité la direction des lignes visuelles suivant lesquelles la lumière des corps célestes nous arrive. Les coordonnées angulaires qu'il fournit sont la déclinaison et l'ascension droite. Ces derniers angles répondent aux latitudes et longitudes géographiques.

Il faut pouvoir suivre les astres dans leurs mouvements apparents, sans se donner la peine d'imprimer soi-même un mouvement à la lunette; on y parvient, dans la machine parallactique, au moyen d'un appareil d'horlogerie qui fait décrire à l'axe de la machine une révolution en 24 heures de temps sidéral, ou $23^h\ 56^m\ 4^s,09$ de temps moyen. Il n'y a plus alors de déplacement à opérer, que celui qui est relatif à la réfraction atmosphérique ou au faible mouvement de l'astre, si celui-ci n'est point une étoile fixe; mais une simple vis de rappel y suffit.

A l'étranger, ces appareils sont construits par des Ingénieurs; il faudrait qu'il en fût de même en France. Les artistes manquent le plus souvent des éléments essentiels, les notions scientifiques, et il leur faut trop de tâtonnements pour obtenir d'excellents résultats.

Les instruments astronomiques peuvent se diviser en trois catégories : les horloges et chronomètres, les lunettes et cercles divisés, puis les lentilles.

On a beaucoup perfectionné la fabrication des horloges et

chronomètres en y introduisant l'usage des machines, à l'exemple de ce qui se pratique depuis longtemps dans d'autres industries. Il n'y a guère que le ressort spiral des chronomètres qui exige des soins particuliers et cette habileté qu'on nomme le tour de main; c'est l'opération de la trempe qui les nécessite, et encore l'artiste n'est-il jamais sûr du résultat : les tâtonnements font le reste.

Malgré les immenses progrès réalisés dans l'exécution des pièces d'horlogerie depuis le commencement de ce siècle, la marche de nos meilleures horloges laisse encore à désirer.

Bien que les horlogers soient devenus de très-habiles artistes, il faut pourtant reconnaître d'un autre côté que leur science n'a pas suivi la même marche ascendante. Autrefois, beaucoup d'entr'eux poussaient le désir d'acquérir des connaissances utiles à leur art, jusqu'à se rendre familiers les travaux des astronomes; plusieurs même les ont partagés. Le rapporteur ne sait pas si l'on pourrait citer aujourd'hui plus d'un horloger qui ait suivi en cela l'exemple des Berthoud, Lepaute, Breguet, etc. Il est bien à désirer que les jeunes gens qui se destinent à la carrière de l'horlogerie se procurent des notions de mécanique étrangères à la plupart des horlogers de notre époque, et que les Ingénieurs civils sont parvenus à appliquer avec tant de succès à une foule d'industries.

La construction des lunettes et des cercles se subdivise en : construction des appareils optiques, construction des parties métalliques, et graduation des cercles.

Avec les outils de nos ateliers, les Ingénieurs civils peuvent construire les grands instruments astronomiques que l'on ne construit plus en France depuis la mort du regrettable Gambey (1); par exemple, la lunette méridienne, qui consiste principalement

(1) Nous apprenons que la municipalité de la ville de Toulouse vient de confier à M. Brunner, cité plus haut, la construction d'un cercle mural de 2 mètres de diamètre. Il y a lieu de croire que la construction des grands instruments astronomiques aura seulement été interrompue chez nous, mais ne périra pas.

en un tube cylindrique muni à ses extrémités d'un objectif et d'un oculaire, et monté sur le milieu d'un axe creux perpendiculaire à la direction de ce tube. La grande difficulté d'exécution que présente cet instrument est dans la forme parfaitement cylindrique et l'égalité des diamètres des deux tourillons. Tout le reste peut être fait par des Ingénieurs civils. Autre exemple, le cercle mural, qui peut être comparé à une roue de locomotive perfectionnée. Le choix des métaux considérés au point de vue de leurs propriétés physiques, et la parfaite liaison des pièces exigent des soins particuliers pour la bonne construction du cercle mural.

Les Ingénieurs civils peuvent et doivent fabriquer ces instruments, mais surtout les machines parallactiques, dont le dôme tournant suffit à lui seul pour donner carrière à l'habileté et à la science d'un Ingénieur civil.

Il faut reconquérir la position que nous ont enlevée les étrangers, en continuant la construction de ces appareils, et qu'ils ne conserveraient peut-être pas long-temps, si un débouché assuré était offert aux artistes français. Citons en passant la grande lunette montée parallactiquement de l'observatoire de Poulkova en Russie. Avec cette lunette, qui a près de 10 mètres de foyer, et malgré le défaut de stabilité que semble indiquer la faible longueur de l'axe polaire de l'instrument, MM. Struve parviennent en un petit nombre d'observations à mesurer la distance angulaire des étoiles doubles à une erreur près qui est de 3 ou 4 centièmes de seconde en arc. Cette admirable précision s'obtient au moyen d'une simple vis micrométrique à tête divisée, et dont le pas est presque parfait.

Quant aux lentilles, leur bonne construction ne dépend pas seulement de tâtonnements, mais bien de projets sérieusement étudiés A Munich il existe un Institut optique où se forment les artistes et où ils peuvent essayer leurs appareils. Vienne (Autriche) possède un établissement de ce genre. A Paris, les artistes n'ont pas même cette dernière ressource, puisqu'il faudrait disposer d'une grande machine parallactique et que cet instru-

ment est encore à construire. A l'Institut de Bavière, la construction des lentilles est basée sur des formules rationnelles. Chez nous, M. Biot a essayé d'en introduire, mais on ne suit guère ses indications.

Le parallèle qui vient d'être établi entre le passé et le présent d'une part, les nations étrangères et la France de l'autre, n'est pas favorable assurément à notre situation actuelle; mais nous devons espérer que le désir de s'approprier et d'appliquer les saines notions de la science, désir qui envahit tous nos établissements industriels, finira par pénétrer aussi dans les ateliers des artistes. La réforme qui tend à se produire dans notre enseignement public aura peut-être pour résultat, d'un autre côté, de créer un débouché aux produits de ces ateliers, en dirigeant beaucoup d'esprits vers l'étude des phénomènes célestes, et de relever ainsi les observatoires particuliers qui ont complétement disparu chez nous, alors qu'en Angleterre, en Allemagne et en Amérique, leur nombre déjà considérable augmente tous les jours.

M. Calla appuie l'opinion du Rapporteur. Gambey n'a pas de successeur; c'est aux Ingénieurs civils à s'occuper de continuer ces travaux; ils ne peuvent être arrêtés par les difficultés financières pour une telle entreprise qui n'exige pas de frais d'établissement.

Il ajoute qu'il a vu des choses merveilleuses chez M. Froment, qui exécute des machines à diviser, mues par des moteurs électro-magnétiques. M. Froment divise sur du verre un millimètre en 500 parties parfaites, il peut même le diviser en 1000 parties, mais elles sont moins parfaites. La nature et la température de l'air, les variations hygrométriques ont des influences très-sensibles: aussi M. Froment renferme-t-il ses machines sous des récipients en glace à température constante. Il met sa machine en train, et elle marche et s'arrête seule lorsque l'opération est achevée.

Le Rapporteur fait remarquer que les résultats obtenus par M. Froment sont de nature à prouver l'habileté incontestable de

cet artiste; mais il importe de faire aussi remarquer à la Société que la construction des instruments astronomiques n'exige point de pareils tours de force; il suffit que les traits de division des limbes soient bien équidistants. Dans les grands instruments, les distances des traits consécutifs excèdent souvent 1 millimètre. Il est rare que, dans les instruments de petite dimension, l'intervalle des traits descende au-dessous d'un demi-millimètre.

M. Yvon Villarceau ajoute que le directeur de l'observatoire de Greenwich confie la construction de ses appareils de grandes dimensions à des Ingénieurs civils, et qu'il n'emploie des artistes que pour la division.

Séance du 7 décembre.

De l'établissement des chemins de fer en Espagne.

Extrait d'une note lue par M. EUGÈNE FLACHAT.

L'établissement des chemins de fer en Espagne soulève des questions dont on ne peut se dissimuler l'importance et la variété.

L'état de la civilisation, du commerce et de l'industrie justifie-t-il l'exécution dans ce pays de voies de transport aussi perfectionnées?

La configuration du sol n'apporte-t-elle pas des obstacles sérieux au développement de ces entreprises?

Le crédit public et les capitaux privés sont-ils assez puissants pour de pareilles dépenses?

Ces questions embrassent l'étude entière du système de viabilité qui convient à l'Espagne, et, pour le cas où ce système devrait avoir pour base les chemins de fer, du mode de construction de ces chemins, et enfin, des moyens d'exécution.

Des questions de ce genre ne se résolvent que par des comparaisons. C'est donc dans les faits qui se sont produits dans d'autres pays qu'il faut chercher les élémens des solutions.

C'est en Angleterre et en France qu'il a été fait les sacrifices les plus considérables pour obtenir la viabilité du territoire.

En Angleterre, les chemins de paroisse et ceux de comté avaient absorbé plusieurs milliards, lorsque les canaux et les chemins de fer sont venus accroître ces dépenses dans une énorme proportion.

De même que les chemins de comté avaient, en se substituant en grande partie aux chemins de paroisse, ôté à ceux-ci une forte portion de leur revenu, les canaux et les chemins de fer ont considérablement réduit le capital des chemins de

comté en leur enlevant leurs transports et les produits correspondants. Les chemins de fer ont amené le même résultat quant au capital engagé dans les canaux.

La perte de capital résultant de ces substitutions successives suffirait aujourd'hui pour consommer la ruine d'un pays infiniment plus riche que l'Espagne.

En France, les faits se produisent d'une manière plus fâcheuse encore, parce que la centralisation comprend les besoins du pays d'un point de vue exclusivement politique, et que l'étude des nécessités et des ressources territoriales n'y préoccupe les hommes d'Etat que dans la limite des produits de l'impôt.

Il résulte de là qu'à part les chemins vicinaux et départementaux qui sont la création des localités, les grandes routes, les canaux et les chemins de fer sont établis sans liens, sans systèmes, et, bien que contemporains, ces travaux portent en eux, sinon leur ruine réciproque, au moins un amoindrissement considérable de leurs ressources. Trois voies de communication : ligne navigable, route et chemin de fer, s'établissent à la fois dans la même direction, sans que leur exécution simultanée soit justifiée par un rôle ou une destination spéciale à chacun d'eux. En France donc, les pertes du capital engagé dans les voies de communication sont relativement plus considérables qu'ailleurs, en ce sens que la ruine successive des différents moyens de viabilité commence, dans ce pays, du jour de leur établissement, parce que leur création est contemporaine, tandis qu'en Angleterre les produits avaient amorti une partie du capital des chemins de paroisse, de comté et des canaux, avant que les chemins de fer se substituassent à ces voies de transport.

Deux autres contrées, l'Allemagne et les Etats-Unis, présentent une série de faits différents.

La lenteur que l'Allemagne a mise à constituer sa viabilité, la sagesse des conseils de gouvernements mieux identifiés avec les besoins de la production dans le pays et moins ab-

sorbés par les préoccupations politiques, ont eu pour résultat d'épargner à cette nation une notable partie des pertes qui résultent chez les précédentes de la substitution successive des différentes voies de communication les unes aux autres.

En ce qui concerne les Etats-Unis américains, l'exemple prend un haut degré d'intérêt parce qu'il est plus simple et que par conséquent les faits sont plus faciles à reconnaître. Dans ce pays, les moyens de viabilité ne commencent pas par le chemin vicinal, puis de là au chemin de grande communication, puis au canal, puis au chemin de fer.

Le moyen le plus perfectionné est celui que choisit au premier abord ce peuple intelligent et actif, mais en le modifiant de manière à en rendre l'application à ses besoins plus facile, plus générale et plus prompte. Il le choisit d'ailleurs à l'exclusion à peu près complète de tout autre.

Il a suffi de citer ces grands exemples pour y trouver les règles d'imitation que l'expérience a tracées.

Entre les quatre territoires dont nous venons de parler, les Etats-Unis sont ceux qui, par l'absence première de toute viabilité, se rapprochent le plus de l'Espagne.

Il serait inexplicable que ce dernier pays consentît à absorber, dans la construction de chemins de grande communication et de canaux, le capital que les chemins de fer viendraient ensuite frapper en grande partie d'inutilité.

Le développement industriel et commercial des Etats-Unis est certainement supérieur à celui que l'Espagne peut attendre des circonstances qui sont particulières à son sol, à son climat et à l'esprit de ses habitans : ce qui suffit aux premiers serait exagéré pour les seconds. Mais cette considération ne s'applique qu'au développement même à donner aux chemins de fer; elle ne change rien aux motifs qui nous guident dans le choix du système.

Il y a donc lieu de conclure que l'Espagne doit chercher dans l'établissement des chemins de fer la base de son système

de viabilité ; que là comme aux Etats-Unis, loin d'être la fin du système, ils doivent en constituer l'origine.

L'Espagne est divisée par des relèvements très-accentués et six bassins d'étendues différentes. Le plus vaste est celui de l'Ebre et du littoral de la Méditerranée. Viennent ensuite celui du Douro, puis ceux du Tage, de la Guadiana, du Guadalquivir et du littoral nord de l'Espagne.

Cette division offre comme caractère particulier l'absence de lignes de navigation reliant l'intérieur du pays à la mer. Le cours d'eau principal de chaque bassin ne remplit pas cette destination, qui semble si générale sur tous les autres territoires européens. Il en résulte l'absence de grands ports aux embouchures des fleuves, et aussi l'absence dans chaque bassin de grandes villes qui dans les autres pays s'établissent successivement le long des vallées formant les artères principales dans la configuration du sol.

Par suite de la position des grands centres de population qui ne se rattachent par aucune voie de communication naturelle au pays qui les entoure et aux autres villes importantes, par suite encore du défaut de ports au débouché des bassins, des obstacles naturels que les relèvements qui en composent les crêtes opposent à l'établissement des communications, il faut reconnaître que la mise en relation de ces fractions isolées du même territoire entre elles et avec l'étranger par le littoral est une œuvre des plus difficiles, et l'obstacle le plus sérieux aux progrès de la civilisation et du travail.

Mais l'importance des obstacles semble indiquer naturellement le choix des moyens d'en triompher. L'exemple des quatre peuples à l'histoire desquels un pays neuf doit emprunter ses leçons vient encore en aide sur ce point.

Tous quatre se sont portés sans hésitation sur l'emploi des chemins de fer pour franchir les grandes distances. Le caractère général de ces entreprises, aussitôt qu'elles sont sorties des premières difficultés d'origine, a été celui-là, et il s'est montré avec une signification plus évidente, suivant que les territoires

étaient plus vastes et moins traversés par d'anciennes voies de communication. Les Etats-Unis ont les premiers établi les chemins les plus étendus dans le sens du courant commercial par lequel ils voulaient relier les différentes parties de leur territoire.

L'Allemagne vient après eux dans cette voie, et la France, sous ce rapport, a précédé l'Angleterre Elle a toujours attaché plus d'importance à la ligne du Havre à Marseille que l'Angleterre à celle de Londres à Glascow.

Il y a donc lieu pour l'Espagne d'appliquer les chemins de fer d'abord aux grandes distances, afin de relier le territoire, de lui donner plus d'unité d'intérêts au point de vue de la production et du travail.

Mais de ce que c'est sur de grands parcours qu'il convient d'exécuter les chemins de fer en Espagne, il en découle naturellement que les obstacles opposés par la configuration du sol à leur établissement prennent une importance plus grande, et que les dépenses de leur exécution dépasseraient de beaucoup les ressources publiques et privées du pays, si ces obstacles devaient être surmontés par les moyens pratiqués en pareil cas en France et en Angleterre.

C'est ici le cas de faire ressortir les différences profondes qui existent entre les divers systèmes de chemins de fer, et de montrer que, dans le pays où ces entreprises ont été conduites avec sagesse et une juste appréciation des ressources financières, l'art a dû rechercher et a trouvé le moyen de les construire suivant des dispositions proportionnées aux moyens d'exécution.

En première ligne se présente le système de construction anglais et français, dans lequel les courbes de faible rayon et les pentes exigeant des machines de renfort sont évitées au prix des travaux d'art les plus dispendieux ; dans lequel la voie et le matériel sont construits pour obtenir de grandes vitesses; où, pour éviter l'encombrement des services de marchandises et de voyageurs, les stations présentent des garages et des superficies de terrain considérables, etc.

Assurément un système semblable pouvait convenir à l'Angleterre, où l'activité générale et le haut degré de civilisation font une loi de la vitesse, du nombre des trains et du comfort des voyageurs; où l'importance de la circulation, l'élévation des tarifs, les concessions perpétuelles, donnaient à cette industrie de grandes ressources présentes et la possession tranquille de l'avenir; mais, pour la France, où l'industrie est moins développée, où l'État voulait s'assurer la possession prochaine des chemins de fer, où les ressources publiques et privées n'existaient que sur une moindre échelle, l'adoption d'un pareil système fut une des fautes les plus regrettables; il exigea la participation de l'État dans une forte proportion, plus de moitié de la dépense d'exécution, et à partir de ce moment, les chemins de fer perdirent le rôle et l'avenir industriel qui leur était réservé. Il est résulté de la lutte des deux intérêts associés dans ces entreprises des souffrances dont le terme n'est pas facile à apercevoir.

L'Allemagne fut plus sage. Les faibles ressources des États et des particuliers ne lui permettaient pas de suivre l'exemple de la France, et cependant le peu de développement de la viabilité y réclamait plus impérieusement peut-être l'établissement des chemins de fer ; de là, un système beaucoup plus économique dans lequel les courbes de faible rayon et les fortes rampes diminuent les difficultés des tracés ; où les abords des villes, les passages des routes, des rues, des fortifications sont résolues sans sacrifices onéreux. Enfin, sur beaucoup de points, les chemins sont à une seule voie. Le bénéfice de ces dispositions s'est montré par l'étendue qui a pu être donnée aux chemins allemands.

Si de l'Allemagne nous passons aux Etats-Unis, nous trouvons dans l'art de construire les chemins de fer, des dispositions plus étudiées encore pour proportionner la dépense d'exécution aux ressources relativement faibles que les Etats et les Compagnies peuvent appliquer à des lignes d'une étendue aussi considérable ; là, le chemin de fer domine tous les intérêts ;

dans les villes, il est la rue : tout est sacrifié à l'économie de son tracé. Pas de souterrains pour traverser les crêtes les plus élevées ; les travaux d'art cessent de porter en eux les conditions d'une durée séculaire ; la voie n'est pas close ; elle n'est pas ballastée ; les rails sont légers, le bois y domine ; les machines sont légères, et les voitures n'ont pas le comfort européen ; il y a dans les trains plus de mélange des classes de voyageurs.

Parmi ces systèmes, le dernier est assurément celui qui convient le mieux à l'Espagne, et il resterait à examiner les modifications d'art que la différence des climats, l'absence d'humidité, et la plus faible proportion des transports, doivent apporter dans leur construction, ainsi que l'économie qui pourrait en résulter dans les dépenses d'établissement.

Comparant la dépense de construction des chemins de fer des pays dont nous venons de parler, nous trouvons les résultats moyens qui suivent :

Par kilomètre de chemin de fer :

Anglais et français	4 à 500,000 fr.
Allemands.	150,000
Etats-Unis.	82,000

Nous évaluons la dépense d'exécution par kilomètre de chemin de fer en Espagne aux prix suivants :

Acquisition des terrains pour mémoire :

Nous supposons que les terrains seront fournis par les localités.

Terrassements.	10,000 fr.
Ouvrages d'art	6,000
Bâtiments	6,000
Voie (une voie).	27,000
Matériel	15,000
Frais d'études, travaux divers, intérêts d'argent	11,000
	75,000 fr.

Nous estimons l'ensemble des chemins nécessaires pour constituer une base de viabilité suffisante pour assurer entre toutes les parties du territoire des communications rapides et économiques, à deux mille cinq cents kilomètres.

Cette étendue de chemins de fer est équivalente à trois fois la traversée du territoire dans sa plus grande longueur.

Au prix de 75,000 francs par kilomètre, cela constituerait une dépense de 187,500,000 francs.

MÉMOIRE N° XV

Enquête sur les machines locomotives en 1848.

Questions adressées par les Commissaires des chemins de fer anglais et réponses de MM. STEPHENSON, M'.CONNELL, TREVITHICK, *ingénieurs du* London and North Western Railway (*largeur de voie 1m.435*); M. LOCKE, *ingénieur de plusieurs chemins de fer, et* MM. BRUNEL *et* GOOCH, *ingénieurs du* Great Western Railway (*largeur de voie 2m.134*).

Extrait de documents anglais, par M. LORENTZ.

La Chambre des Lords, saisie d'une demande en concession d'un chemin de fer entre Londres et Birmingham, la soumit à l'examen des commissaires des chemins de fer, qui, de leur côté, adressèrent aux Compagnies du *Great Western* et du *London and North Western* une série de questions, avec prière d'en demander la solution à leurs ingénieurs.

Cette enquête date de janvier 1848; son résultat a été inséré dans le rapport que firent les commissaires.

Emanant des Ingénieurs anglais les plus distingués, touchant aux questions les plus vitales, les plus controversées des machines, ravivant la grande querelle de la *grande* et de la *petite largeur de voie*, ce travail présente un vif intérêt, auquel vient se mêler peut-être le regret de voir des esprits aussi élevés se laisser aller à un sentiment de partialité très-évident et à quelques assertions hasardées qui en sont l'expression.

Ce qui suit est un résumé contenant les principaux faits révélés par les réponses des Ingénieurs à chacune des questions posées.

1re QUESTION. — *Quelle est la pression de la vapeur dans les chaudières qui peut servir de base pour le calcul de la puissance des machines locomotives ?*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL, et TREVITHICK. — La pression sur les soupapes de sûreté est ordinairement de 5k.60 par centimètre carré. Ce chiffre représente avec une approximation suffisante la pression que la vapeur a coutume d'atteindre dans la chaudière.

M. LOCKE. — Le degré de pression de la vapeur dans la chaudière est déterminé par l'indicateur des soupapes de sûreté.

MM. BRUNEL et GOOCH. — La pression, dans les chaudières du *Great Western*, varie habituellement de 4k.20 à 7k. par centimètre carré, sans qu'il en résulte aucun danger.

Mais ce n'est point de la force de résistance de la chaudière que dépend la puissance de la machine. Cette dernière résulte du degré de pression qu'il est possible de maintenir en marche; or, cette pression réelle dépend elle-même d'un assez grand nombre de conditions ou circonstances, telles que les dimensions relatives du cylindre et de la chaudière, la vitesse, la charge remorquée, etc.; telle machine fournira abondamment de la vapeur à une pression de 4k.92 à 5k.60, tandis que la même machine, dans des circonstances peu différentes, ou une autre machine presque semblable à la première, n'en produira peut-être pas suffisamment à une pression de 2k.80 à 3k.50.

2e QUESTION. — *A quel moment de la course est-il le plus avantageux d'intercepter l'arrivée de la vapeur et d'utiliser sa détente ?*

3e QUESTION. — *La vitesse a-t-elle de l'influence sur cette détermination ? et, si oui, quelles détentes doit-on employer suivant les diverses vitesses ?*

5e QUESTION. — *A-t-on évalué expérimentalement la contre-*

pression (1) *suivant que l'on fait varier la tension de la vapeur à la fin de la course, la vitesse du piston et le rapport des sections du cylindre et du tuyau d'échappement ; et quels résultats les expériences ont-elles fournis ?*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL et TREVITHICK. 2e *et* 3e *Question.* – Le moment de la course auquel il est le plus avantageux pour les machines de travailler en détente, varie suivant la vitesse, la charge remorquée et l'inclinaison de la voie; la vitesse est loin d'être la seule considération déterminante.

L'usage est d'arrêter l'introduction de vapeur à un point variable entre les 5/8es et les 7/8es de la course ; on n'a point reconnu qu'il fût avantageux d'intercepter la vapeur plus tôt.

5e *Question.* — Dans les meilleures machines, les sections du tuyau d'échappement et de celui d'arrivée de vapeur sont, à peu de choses près, égales entr'elles, et le 10e ou le 12e de la section du cylindre. La section du tuyau d'échappement y a donc peu d'influence sur la contre-pression, qui varie suivant le degré de détente auquel on fait fonctionner la vapeur dans le cylindre.

M. LOCKE. 2e *Question.* — Le degré de détente doit varier avec la vitesse, la charge remorquée, l'inclinaison de la voie et avec le mode particulier de construction de la machine. Avec une faible charge on peut intercepter l'arrivée de vapeur à moitié de la course; avec une forte charge, à un point variable entre les 2/3 et les 3/4.

3e *Question.* — La vitesse influe sur cette détermination, mais on ne saurait indiquer les degrés de détente correspondant à ceux des diverses vitesses, sans faire intervenir la puissance de la machine et son mode de construction.

5e *Question.* — La contre-pression varie avec la détente, qui, à son tour, est variable avec la charge remorquée, la vitesse, la course, les sections des tuyaux d'échappement et d'arrivée,

(1) Pression nuisible de la vapeur, agissant sur le piston en sens contraire de sa marche.

la surface de chauffe, etc., éléments qu'il faudrait déterminer pour qu'on pût répondre catégoriquement à la question qui nous occupe.

MM. GOOCH et BRUNEL. 2e, 3e *et* 5e *Question*.—Il y a huit ou neuf ans que nous ne nous servions encore d'autre détente que de celle qui résultait d'un léger recouvrement donné au tiroir en vue de faciliter l'échappement. Depuis, nous avons disposé nos machines de manière à pouvoir faire varier le degré d'expansion de la vapeur suivant la charge ou la vitesse demandée.

Voici quelles sont les dimensions principales de notre machine *Great-Britain* et la manière dont elle est réglée :

Diamètre du cylindre.....	$0^m.45$
Course.....	0 .60
Diamètre des roues motrices.....	2 .44
Recouvrement extérieur du tiroir.....	0 .025
Recouvrement intérieur.....	0 .0015
Section de la lumière d'introduction de vapeur.....	$0^m.325 \times 0^m.050 = 0^m._q.16$
Avance du tiroir.....	0 .007

NUMEROS des points de la course où la vapeur est interceptée.	VAPEUR interceptée à :	ECHAPPEMENT EN ARRIÈRE DU PISTON ouvert à :	ECHAPPEMENT EN AVANT DU PISTON fermé à :
1	0m.45	0m.550	0m.534
2	0.422	0. 525	0. 519
3	0.359	0. 506	0. 494
4	0.300	0. 409	0. 459
5	0.225	0. 331	0. 422
6	0.046	0. 3875	0. 365

Nous détendons au n° 1, lorsque le train à remorquer est pesant ; au n° 2, lorsqu'il est nécessaire de faire usage de toute la puissance de la machine à une vitesse d'environ $64^{kilom.}.40$ à $80^{kilom.}.40$; au n° 3, lorsqu'il s'agit de vitesses plus considérables encore.

L'usage de la détente fait d'ailleurs gagner de l'effet utile ;

car s'il en résulte une atténuation de l'effort moteur de la machine, la contre-pression, d'autre part, se trouve atténuée plus considérablement encore.

C'est ce que font voir les diagrammes tracés par l'indicateur placé sur les cylindres du *Great-Britain*, diagrammes dont voici l'expression en chiffres.

Marchant à raison de 72$^{kilom.}$.40 à l'heure et interceptant la vapeur à 0^{m}.412, on a:

Pression motrice.....	24 kilog.	870
Contre-pression.....	4	.802
Effet utile.....	20	.068

Marchant à raison de la même vitesse, mais interceptant la vapeur à 0^{m}.344, on a:

Pression motrice.....	23 kilogr.	284
Contre-pression.....	3	.126
Effet utile.....	20	.158

Il semble donc que l'emploi de la détente doive être générale et ne présenter que des avantages réels, et cependant nous allons faire comprendre que, pour certaines machines, il est, à cet emploi, des empêchements ou, tout au moins, des limites assez resserrées.

Comment s'effectue le tirage dans les machines locomotives?

La vapeur, au sortir des cylindres, est déchargée dans la cheminée par le tuyau d'échappement et forme dans la boîte à fumée un vide de 0^{m}.05 à 0^{m}.30 suivant le diamètre du tuyau d'échappement, le degré de la détente et la vitesse du piston. C'est ce vide partiel qui appelle l'air dans la boîte à feu, où il est brûlé; c'est encore lui qui, entraînant la flamme et les gaz échauffés au travers des tubes, les conduit jusque dans la cheminée.

Ainsi engendré par une pression qui agit en sens contraire de la marche du piston, le tirage, dans les machines locomotives, absorbe une portion de leur puissance motrice.

Avec un faible rapport entre les sections du tuyau d'échappement et du cylindre, et avec une grande vitesse de piston, la pression génératrice du tirage et la difficulté d'évacuer la vapeur deviennent, l'une et l'autre, très-considérables. Les machines à roues de $2^{m}.135$ donnent 960 échappements par minute, lesquelles marchent à $96^{kilom}.54$ par heure; celles à roues de $1^{m}.830$, actuellement en usage sur les chemins à petite voie, évacuent par minute 1,120 cylindrées, lorsqu'elles marchent à $96^{kilom}.54$ par heure; ce nombre se réduit à 840 pour des machines à roues de $2^{m}.44$. Dans la machine *Ixion* (1), le tuyau d'échappement présente une section égale au 5^{me} de celle du cylindre et les roues motrices un diamètre de $2^{m}.135$; en interceptant la vapeur à $0^{m}.340$ de la course, on trouve que les pertes de puissance dues à la contre-pression, suivant les diverses vitesses, sont de :

2.1	0/0	pour une vitesse de	28	tours par minute.
11.6	—	—	80	—
15.8	—	—	160	—
21.0	—	—	240	—

On voit que la contre-pression est un élément de dépense considérable; elle s'accroît d'ailleurs assez rapidement pour être un obstacle matériel à l'obtention de certaines vitesses de marche.

La contre-pression peut être atténuée par l'emploi de fortes détentes, de larges tuyaux d'échappement et de grandes roues motrices; mais, par contre, ces divers moyens portent atteinte à la pression génératrice du tirage. Ils ne sont donc applicables qu'à la condition de pouvoir atteindre une certaine proportion entre la chaudière et le cylindre. En effet, pour brûler une quantité donnée de combustible, il faut une quantité donnée d'air; si la vitesse de cet air ou le tirage devient moindre, il faut, par

(1) Voir plus loin de plus grands détails sur la construction de cette machine.

compensation, augmenter la surface de la grille et la section des tuyaux qui servent à l'écoulement des gaz; en d'autres termes, de grandes surfaces de grilles et une grande section de tuyaux sont nécessaires, si l'on veut marcher avec un faible vide dans la boîte à fumée, c'est-à-dire perdre le moins possible de la puissance de la machine; ajoutons, en passant, que cette économie de puissance est devenue une véritable obligation, en face des exigences du service actuel des chemins de fer.

Or les machines des chemins à petite voie sont, à cet égard, fort limitées. Il est patent, d'abord, qu'elles sont incapables, aux grandes vitesses actuelles, de faire un bon service courant, et ce qui le prouve, ce sont les efforts incessants des propriétaires de ce genre de lignes pour augmenter la puissance de leurs moteurs; mais leurs tentatives ne réussiront pas à créer des machines beaucoup plus puissantes que celles qui existent, et elles se résolveront, à coup sûr, en accroissement de consommation de charbon, de détérioration de la voie et d'accidents.

En effet, sur les chemins à petite voie, l'enveloppe extérieure de la boîte à feu ne peut convenablement dépasser une largeur de $1^m.22$: c'est l'opinion de M. *Stevenson*; et l'enveloppe intérieure, une largeur d'environ $1^m.04$; ces dimensions étant d'ailleurs des *maxima*. Nous rappellerons en outre, que pour l'enveloppe intérieure de la machine *A*, construite au chemin d'York pour les expériences des Commissaires réunis pour étudier la question de la grande et de la petite voie, il n'a point été possible d'obtenir une largeur de plus de $0^m.950$; enfin que, sur les chemins à petite voie, ce sont les propres paroles de M. *R. Stephenson*, on fait et on a fait en tout temps les chaudières aussi larges que la voie le peut comporter.

Sur les chemins à grande voie, avec même jeu et même épaisseur d'eau, on peut porter la largeur de l'enveloppe intérieure à $1^m.625$.

Quant à la longueur de la boîte à feu, elle n'a point à intervenir dans cette comparaison, car, sur l'un et l'autre genre de voie, elle n'est limitée que par la difficulté de bien conduire le

feu ; nous admettrons donc qu'elle soit la même des deux parts, quoique, à vrai dire, elle puisse être, au besoin, plus grande sur les chemins à grande voie, en raison de ce que la largeur y peut être supérieure, et qu'il y a toujours certaines proportions à garder entre la longueur et la largeur.

Nous pouvons donc conclure que le rapport de 65 à 38 peut être pris pour celui des puissances respectives des machines de la grande et de la petite voie.

Notons que la largeur de la boîte à feu limite tout naturellement le diamètre de la partie cylindrique de la chaudière, et conséquemment la section totale des tubes ; il ne servirait d'ailleurs à rien que l'on augmentât la surface de la grille, sans augmenter proportionnellement la section totale des tubes, car la première augmentation nécessitant une plus grande quantité d'air pour la combustion, l'on ne pourrait se passer de la deuxième qu'à la condition de surexciter le tirage, c'est-à-dire de diminuer la puissance de la machine. Ainsi, l'on peut dire que la limite du diamètre de la partie cylindrique de la chaudière est en même temps celle de la puissance de la machine.

Le tableau suivant indique les dimensions des grilles, des tuyaux d'échappement et des sections totales des tubes de quelques machines récemment construites.

NOMS DES CHEMINS DE FER.	Surfaces des grilles.	Somme des sections des tubes.	Rapport de la section totale des tubes à la surface de la grille.	Rapport des sections du tuyau d'echapp^{t}. et du cylindre.	Section des cylindres.
	m. q.	m. q.			m. q.
Machines à 8 roues du Great-Western.....	1.951	0.500	$\frac{1}{3.9}$	$\frac{1}{13}$	0.161
Machines du South-Western....	0.932	0.233	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{14}$	0.100
Machines du Grand-Junction...	0.929	0.216	$\frac{1}{4.3}$	$\frac{1}{14.5}$	0.100
Machine A. du chemin d'York..	0.841	0.148	$\frac{1}{5.7}$	$\frac{1}{17.1}$	0.114

On voit par ce tableau que lorsque le rapport de la section

totale des tubes à la surface de la grille vient à diminuer, le diamètre du tuyau d'échappement doit être réduit proportionnellement. Sur le *Great-Western*, ce diamètre est le plus grand, parce que les dimensions de la chaudière y sont les plus grandes relativement au cylindre.

La machine *A*, avec une section totale de tubes assez faible, aidée d'une longueur extravagante, ne peut fonctionner qu'avec un tuyau d'échappement étranglé, c'est-à-dire en employant une forte portion de la puissance de la machine à souffler le feu.

Les chemins à petite voie, arrêtés par l'impossibilité d'augmenter la largeur des boîtes à feu, ont tenté d'y obvier en augmentant la longueur des chaudières ; mais on se tromperait en croyant qu'il en est résulté une véritable augmentation de puissance.

Nous avons trouvé par expérience que, pour peu que la superficie totale des tubes fût égale à 10 ou 11 fois celle de la boîte à feu, ils abandonnaient à l'eau de la chaudière toute la chaleur engendrée. Si, d'ailleurs, ce rapport observé, il passait outre une quantité de chaleur de quelque importance, il vaudrait mieux, pour y remédier, augmenter le nombre des tubes que les allonger ; car, dans le second cas, l'on est tenu d'augmenter la contre-pression, pour obtenir dans la boîte à fumée le vide nécessaire, vide qui, dans les nouvelles machines à longues chaudières, s'est élevé à environ 27^{cent}.90, tandis qu'il n'excède pas 12^{cent}.70 à 15^{cent}.24 dans les grandes machines du *Great-Western*.

Avec le rapport ci-dessus indiqué, nos dernières machines évaporent, pour un kilog. de coke, de 8 à 9 kilog. d'eau, suivant la rapidité de l'évaporation, la plus lente donnant le résultat le plus élevé.

La Compagnie du *London and North-Western*, après d'inutiles efforts pour obtenir, au moyen de l'allongement des chaudières, la puissance qui lui était nécessaire, a tenté, malgré un avis contraire exprimé antérieurement par son ingénieur, la

construction d'une boîte à feu de 1m.830 de large, pour approcher autant que possible des dimensions usitées sur le chemin à large voie. Mais il est évident, *à priori*, qu'il n'en peut résulter d'accroissement d'effet utile, puisque la section totale des tubes n'est point proportionnellement augmentée. Il y a en outre, avec un semblable mode de construction, véritable danger à marcher à grande vitesse; on peut se figurer aisément quels doivent être les oscillations et le lacet d'une semblable machine, dans laquelle la boîte à feu, c'est-à-dire la portion la plus élevée et la plus pesante, surplombe la base d'une quantité considérable de chaque côté; dans laquelle, en outre, deux grands et lourds cylindres extérieurs de 0m.45 de diamètre, et pesant ensemble un peu plus d'une tonne et demie, surplombent également la base à l'extrémité opposée (1), et dans laquelle enfin, ces poids en porte-à-faux sont mis en mouvement par l'action alternative de lourds pistons qui, avec leurs tiges, pèsent au moins de 400 à 450 kilog.

Devant les Commissaires nommés pour étudier la question de la largeur des voies, M. Locke fut le seul ingénieur qui n'admit pas tous les inconvénients qui nous paraissent résulter de l'emploi des cylindres extérieurs (2); quant à nous, nous soutînmes devant ces Commissaires, dès l'apparition des lourdes machines à longs cylindres, qu'elles seraient dangereuses à grande vitesse, et nos prévisions ont été réalisées par maints déraillements arrivés sans autre cause apparente.

En résumé, la grande voie, qui, d'ailleurs, est loin d'être trop large pour les grandes vitesses de marche, permet seule d'ap-

(1) Les cylindres du *Great-Britain*, machine du chemin à grande voie, ne sont écartés, de centre en centre, que de 1m.221, c'est-à-dire qu'ils sont, en dedans des limites de la voie, d'une quantité de 0m.456 de chaque côté. — Les cylindres de la machine des chemins à petite voie, dont nous nous occupons, sont distants de 1m.725, de centre en centre, et surplombent la base de 0m.145 de chaque côté.

(2) L'emploi des contre-poids indiqués par M. Lechatelier, à la suite de ses expériences, obvie singulièrement aux inconvénients signalés et grossis par M. Gooch. *(Note du traducteur.)*

pliquer largement le principe de la détente, car nous avons fait voir que cette dernière est limitée par les dimensions qu'il est possible de donner aux chaudières; — seule aussi, elle permet l'emploi de grandes roues motrices, car on y peut sans danger élever le centre de gravité des machines (1). Enfin, avec ce mode de voie, il est possible de construire des machines *ramassées*, maintenues dans les limites de leur base, et d'une puissance double de celles que l'on peut obtenir sur la petite voie.

4e QUESTION. — *Quelle est, suivant les diverses vitesses, la portion de la pression de la vapeur qu'absorbent les frottements et les autres résistances émanant de la machine elle-même, abstraction faite de la contre-pression.*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL ET TREWITHICK. — La part de puissance qu'absorbe la machine varie il est vrai, suivant les diverses vitesses, mais aussi suivant les charges remorquées. Tout ce que l'on peut indiquer à cet égard, c'est qu'une machine remorquant un *express* de 8 ou 10 waggons absorbe vraisemblablement 70 à 80 0/0 de la pression totale; avec des trains de vitesse ordinaire, composés de 20 à 30 waggons, l'absorption n'est que de 20 à 30 0/0. Si l'on venait à augmenter, ne serait-ce que d'une bien faible quantité, la vitesse maxima actuelle, la machine absorberait, sans doute, la puissance entière et ne pourrait plus que se remorquer elle-même.

M. LOCKE. — Les frottements et autres résistances de la machine variant avec la charge remorquée et la vitesse, on ne peut répondre à cette question, qui n'est point assez précisée.

MM. GOOCH ET BRUNEL. — La quantité de frottements et autres résistances du mécanisme n'est point essentiellement affectée par la vitesse; mais, pour une même machine, elle est proportionnelle au travail, à l'effort développé. Elle est aussi

(1) Le système créé récemment par M. Crampton donne la même faculté à la petite voie. *(Note du traducteur.)*

proportionnellement moindre dans les grandes machines que dans les petites; et, en effet, si nous considérons, en particulier, le frottement du piston, ce frottement ne croît que comme le diamètre du cylindre, tandis que la puissance de la machine augmente comme le carré de ce même diamètre; de même pour les autres pièces travaillantes.

De ces deux considérations rapprochées, il résulte qu'il vaut mieux fonctionner avec une forte machine qui ne développe pas son maximum de puissance, qu'avec une faible machine tirant à plein collier.

Il nous serait impossible d'indiquer la part de frottements revenant en particulier aux diverses pièces des machines, mais nous allons donner le résultat de quelques expériences touchant l'ensemble du mécanisme; elles ont été faites avec le *Great-Britain*, machine de grande voie, et l'*Ixion*, machine de petite voie.

Le *Great-Britain* a des cylindres de $0^m.45$; avec son tender elle pèse 50,800 kilog. Dans un premier essai, elle a remorqué un train de 101,600 kilog.; dans un second essai, un train de 50,800 kilog. Le chiffre de la résistance propre de la machine et du tender a été obtenu en déduisant la résistance du train, mesurée au dynamomètre, de l'effort total mesuré aux cylindres.

L'*Ixion* a des cylindres de $0^m.381$; elle pèse avec son tender 42,672 kilog.; on ne lui a fait remorquer que son propre poids et celui de son tender. La résistance propre de la machine et de son tender a donc été mesurée directement aux cylindres.

Pour l'une et l'autre machine, on a déduit de la résistance totale de la machine et du tender, celle due à ces deux appareils considérés comme simples véhicules remorqués; c'est après cette déduction que l'on a obtenu la résistance du mécanisme.

Voir ci-contre le tableau des expériences :

VITESSE par HEURE.	GREAT BRITAIN.						IXION.		
	AVEC UN TRAIN DE 101,600 KILOG.			AVEC UN TRAIN DE 50,800 KILOG.					
	Résistance totale de la machine et du tender pour chaque tonne.	Résistance de la machine et du tender au remorquage.	Frottement du mécanisme.	Résistance totale de la machine et du tender pour chaque tonne.	Résistance de la machine et du tender au remorquage.	Frottement du mécanisme.	Résistance totale de la machine et du tender pour chaque tonne.	Résistance de la machine et du tender au remorquage.	Frottement du mécanisme.
Kilom.	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.
16.09	—	—	—	—	—	—	249.15	133.18	115.97
20.92	278.60	174.30	104.10	—	—	—	—	—	—
32.18	348.81	210.65	138.16	—	—	—	357.42	176.67	180.75
67.58	—	—	—	539.07	366.02	173.05	—	—	—
70.80	—	—	—	543.60	413.59	130.01	—	—	—
72.40	831.25	532.72	298.53	—	—	—	—	—	—
80.45	—	—	—	—	—	—	564.27	363.59	200.68
91 71	804.07	453.00	354.07	—	—	—	—	—	—
99.76	—	—	—	674.97	498.30	176.67	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Deux faits essentiels résultent de ce tableau : c'est que les frottements croissent à peu près comme la charge, pour une même machine; et de plus, que le frottement d'une machine faible est proportionnellement beaucoup plus fort que celui d'une grande machine. Nous avons déjà donné l'explication de ce dernier fait, auquel contribue, d'ailleurs, la stabilité supérieure du *Great-Britain*, machine à 8 roues, mieux équilibrée que l'*Ixion*, machine à 6 roues.

6e QUESTION. — *La puissance d'évaporation étant exprimée en mètres cubes, quelle est-elle, au maximum, dans les machines sur la grande voie?*

7e QUESTION. — *Quelle est-elle au maximum, dans les machines sur la petite voie?*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL et TREVITHICK. 6e *Question.* — Lors des essais faits devant les Commissaires pour étudier la largeur des voies, on a trouvé que la limite de puissance d'évaporation des machines à voyageurs du *Great-Western* était de $5^{mc}.747$ par heure, et celle des machines à marchandises, de $5^{mc}.350$; les machines avaient d'ailleurs été choisies en vue des essais. Leur puissance a dû être un peu augmentée depuis.

7e *Question.*— Sur la petite voie, les limites obtenues lors des mêmes essais et antérieurement ont été de $5^{mc}.039$ à $5^{mc}.379$ par heure.

Actuellement les meilleures machines évaporent de $5^{mc}.662$ à $6^{mc}.511$, et l'on construit présentement des machines à 8 roues qui feront mieux encore.

M. LOCKE. 7e *Question.* — La puissance d'évaporation pour les machines de la petite voie varie de $4^{mc}.246$ à $5^{mc}.662$ par heure; on obtiendra, dans peu, de meilleurs résultats encore.

MM. BRUNEL et GOOCH. 6e *et* 7e *Question.* — Sur la grande voie, nos plus fortes machines, dont le tuyau d'échappement a, en section, 1/13e de celle du cylindre, et la boîte à feu une surface de $14^{mc}.214$, évaporent au maximum $8^{mc}.493$ par heure.

Sur la petite voie, les machines, en mêmes conditions, ne peuvent évaporer plus de 5^{m} c.379 à 5^{m} c.662.

Notons en passant que les résultats obtenus sur la grande voie confirment pleinement un fait énoncé il y a quelques années par M. *Gooch*, à savoir que, pour des machines de toutes forces, chaque décimètre carré de la boîte à feu évaporait environ 6^{d} c.09 par heure, à la seule condition que les surfaces des tubes fussent égales à 16 ou 17 fois celles de la boîte à feu et que le tuyau d'échappement ne fût point extraordinairement étroit. Ainsi est prouvé combien peu la surface des tubes influe sur la puissance d'évaporation.

Il serait facile, s'il était nécessaire, de porter la puissance d'évaporation des machines de grande voie à 9^{m} c.908 et même à 10^{m} c.192 par heure ; il suffirait d'augmenter les dimensions de la boîte à feu. Pareil expédient n'est plus possible sur la petite voie, qui en est, à cet égard, à ses dernières limites.

Il est vrai qu'on peut toujours, à volonté, augmenter, et de beaucoup, cette puissance, par le seul fait d'étrangler le tuyau d'échappement; mais il en résulte une perte de puissance motrice et une forte dépense de charbon. On n'économise ce dernier qu'à une condition, et toutes les expériences de M. *Gooch* l'ont plus que suffisamment démontré, c'est de ne travailler qu'avec un faible tirage: un volume donné de coke évaporera toujours plus d'eau quand on le brûlera avec un tirage modéré que lorsque sa combustion sera surexcitée par un rapide courant d'air. Nous le répétons donc : puissance et économie sont l'apanage des grandes machines.

Les ingénieurs peu praticiens s'imaginent communément « qu'il est plus avantageux, plus économique, de remorquer un » convoi léger avec une faible machine qu'avec un moteur » puissant. » C'est une grave erreur qui provient de ce que, par impossibilité de donner à la chaudière des dimensions suffisantes, on n'est jamais parvenu, jusqu'ici, sur la petite voie, à faire des machines puissantes et rapides qui ne consommassent pas une quantité énorme de combustible; sur la grande

voie, nous avons reconnu par expérience que les fortes machines sont les plus économiques.

En effet, nous avons fait voir précédemment que, pour un travail donné, la perte de puissance due aux frottements était moindre dans les fortes machines auxquelles on ne demande point toutes leurs forces; dans de pareilles conditions elles ont donc à évaporer une quantité d'eau moindre, ou, s'il faut faire la part de la supériorité de leur poids, tout au plus égale à celle que doivent évaporer les faibles machines tirant à plein collier. D'autre part, nous avons établi que les grandes machines évaporaient une quantité donnée d'eau avec une moindre quantité de combustible. — Il en résulte évidemment que les grandes machines doivent être les plus économiques.

D'ailleurs, les chemins de fer ont tous à remorquer des convois lourds en été et légers en hiver, et de pareilles variations se présentent même fréquemment dans le cours d'une seule journée. La machine qui offre le plus d'avantage et d'économie est donc celle qui est propre à un fort comme à un faible travail; elle ne consommera qu'un peu plus de moitié de ce qu'il faudrait à deux petites machines accouplées; de plus, comme l'une de ces dernières reviendrait communément à vide, on en peut conclure que généralement deux petites machines dépensent trois fois plus qu'une grande pour un transport donné. On conçoit bien, *à priori*, qu'il en doive être ainsi; car les frais généraux, les frais de conduite et l'entretien, ne sont point affectés par une augmentation dans les dimensions des machines; bien plus, l'usure et la détérioration sont infailliblement atténuées quand un moteur fonctionne au-dessous de sa puissance possible; enfin le coke est le seul article de dépense qui soit dépendant de la capacité des machines, et nous avons fait voir qu'à cet égard l'avantage appartient aux grands moteurs.

Voici, du reste, à l'appui de ce qui précède, les consommations comparées de deux machines, l'une forte, l'autre faible, le *Great-Britain* et l'*Ixion*; la première a des cylindres de $0^m.450$

et la seconde de 0m.381; elles fonctionnent sur la même ligne et remorquent des trains à peu près égaux. Nous prenons l'*Ixion* pour exemple, parce que c'est, de nos petites machines, la meilleure; elle est d'ailleurs munie d'un appareil de détente semblable à celui du *Great-Britain*.

Les résultats suivants sont des moyennes établies sur un travail de cinq semaines finissant au 16 novembre.

NOMS des MACHINES.	Vitesse moyenne par heure y compris les arrêts.	Poids moyen des trains, abstraction faite de la machine et de son tender.	Consommation moyenne de coke par tonne transportée à 1 kil.
			kilog.
GREAT-BRITAIN.....	45 kilom.	86 tonnes	9.40
IXION.....	45	81	10.»
Moyenne de toutes les machines partant de la station de Paddington.	45	76	11.40

En été, quand on serait obligé, pour remorquer un train pesant, d'atteler deux machines telles que l'*Ixion*, le *Great-Britain* fait ce travail à elle seule, moyennant un léger accroissement de consommation.

Nous le répétons de nouveau ici, si à cette dernière machine on adaptait une chaudière moins volumineuse chauffée au moyen d'un fort tirage, toute l'économie qu'elle présente disparaîtrait. Elle consommerait autant que les grandes machines du *London and North-Western*, qui, nous le savons de bonne source, brûlent 12 kilogr. 87 par kilomètre, pour des vitesses moindres que celles du *Great-Western*; ce qui est dû principalement à ce que ces appareils sont obligés de forcer le feu, et peut-être aussi à ce que les trains offrent plus de résistance sur les petites que sur les grandes voies.

Enfin il est, en faveur des machines puissantes, une dernière considération : c'est la *sûreté*. Il survient infailliblement des retards, c'est-à-dire que l'on court des dangers sur les chemins où les machines ne sont pas douées d'une force en excès

pour faire face à ces mille contretemps qui surgissent dans l'exploitation des chemins de fer, tels que vents violents, neige, trains plus lourds qu'à l'ordinaire, etc., etc. On y pourvoit généralement avec une machine auxiliaire; mais ce moyen est aussi peu sûr que peu économique; d'ailleurs il surgit, dans un même voyage souvent, de notables variations dans les poids à remorquer. Il ne faut pas oublier que la *ponctualité*, qu'on ne saurait atteindre sans un excès de force dans les machines, est la première et principale garantie de la sûreté.

On trouvera ci-après la comparaison des vitesses actuelles que l'on observe, d'une part sur le *Great-Western* avec de puissantes machines, et de l'autre sur le *North-Western*, chemin à petite voie. Les trajets qui servent de base à cette comparaison sont de 312 kilom. pour la grande voie et de 323 kilom. pour la petite voie.

NOMS DES LIGNES.	Vitesse moyenne par heure des Express.	Vitesse moyenne par heure des trains ordinaires non compris ceux où il entre des waggons de 3e cl
	kilom.	kilom.
GREAT-WESTERN.....	69.59	45.86
NORT-WESTERN.....	53.90	38.89
Différence en faveur de la grande voie	15.69	6.97

Nous ajouterons que, sur le *Great-Western*, la vitesse moyenne des *express trains* sera augmentée aussitôt que la ligne sera pourvue d'un certain nombre de machines semblables au *Great-Britain*; dès aujourd'hui l'*expre s* du matin atteint sur ce chemin une vitesse de 70 kilom. 57 à l'heure; sur le *North-Western* au contraire, la moyenne des vitesses des *express* n'eût été que de 51^{kilom}.23 si nous y avions fait figurer l'*express* de la malle; enfin il faut noter que sur ce chemin, les *express* ne reçoivent point de voyageurs de 2e classe et posent

une limite au nombre total des voyageurs, ce qui ne se pratique pas sur le *Great-Western*.

8e QUESTION. — *Quelles raisons pratiques ont déterminé la limite des diamètres des roues motrices, et pourquoi l'usage des roues de 3m.05 a-t-il été abandonné sur le* Great-Western ?

9e QUESTION. — *Quels sont les diamètres les plus convenables, tant pour les roues motrices des machines à voyageurs que pour celles des machines à marchandises fonctionnant sur la grande voie ?*

10e QUESTION. — *Quels sont-ils sur la petite voie?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL ET TREVITHICK. *8e Question.*— Le diamètre des roues motrices dépend à la fois des conditions du trafic et de l'inclinaison de la voie. C'est en vertu de ces deux considérations que l'on est arrivé, pour les machines à marchandises, à des diamètres de 1m.37, 1m.44 et 1m.52, tant sur la *grande voie* que sur la *petite voie*; pour les machines à voyageurs desservant de nombreuses stations, à des diamètres de 1m.52, 1m.67 et 1m.83; pour les machines des *express* trains, à des diamètres de 2m.13 et 2m.44.

Si le service le réclamait, on pourrait, sans inconvénients, augmenter encore les diamètres des roues des machines fonctionnant sur la *petite voie*.

Nous rappelerons ici le résultat des essais comparatifs faits devant les Commissaires pour la question de la largeur des voies, avec des roues de 2m.13 sur la *grande voie* et de 1m.98 sur la *petite*. Le train servant aux expériences était de 81 tonnes. Les roues de 1m.98 obtinrent un avantage d'environ 4kilom.83 à l'heure sur les premiers 16 kilomètres; la moyenne pour les premiers 16 kilomètres fut égale de part et d'autre; et ce n'est que sur un parcours de 72 à 80 kilomètres que les roues de 2m.13 obtinrent un avantage d'environ 5 à 6 kilomètres à l'heure.

9e et 10e Question. — Il n'y a point corrélation entre la

largeur de la voie et le diamètre des roues motrices ; les deux genres de voie emploient aujourd'hui les mêmes diamètres, et l'on pourrait les augmenter sur l'une aussi bien que sur l'autre.

M. LOCKE. *8e Question.* — La difficulté de démarrer et d'arrêter un train lorsque les roues ont des diamètres considérables, leur impose une limite qu'on n'a point dépassée, même sur le *Great-Western*, où les pentes sont cependant remarquablement douces.

10e Question. — Les vitesses et l'inclinaison de la voie ont une action essentielle sur la détermination des diamètres et plus importante que celle qui résulte de la largeur de la voie.

Sur le *Grand Junction*, on emploie avec succès, pour les grandes vitesses, des diamètres de 1m.83, et sur le *South Western* des diamètres de 1m.982. Si ces deux lignes présentaient des pentes aussi douces que le *Great-Western*, on s'y servirait probablement de diamètres de 2m.135 à 2m.287. Quant aux machines à marchandises, les diamètres usités sont de 1m.525.

MM. BRUNEL ET GOOCH. *8e, 9e et 10e Question.* — Le diamètre des roues motrices est essentiellement affecté par la largeur de la voie. En principe, ce diamètre doit être proportionnel à la puissance que la machine est capable de développer, puissance qui dépend elle-même de la dimension des cylindres et conséquemment de la capacité de la chaudière ; or, cette dernière est limitée par la largeur de la voie. D'ailleurs le danger de trop élever le centre de gravité de la machine vient à son tour limiter le diamètre des roues ; or, plus la base de la machine, ou ce qui revient au même, plus la voie a de largeur, moins il y a d'inconvénients à hausser ce centre de gravité.

L'emploi de grandes roues procure de l'économie et divers autres avantages ; mais il est clair qu'il ne servirait de rien d'avoir des roues de grand diamètre, s'il n'existait point de proportion rationnelle entr'elles et la capacité de la chaudière, et c'est uniquement parce qu'un semblable rapport n'existait point que nous avons abandonné les roues de 3m.05.

Sur la *grande voie*, le diamètre le plus convenable pour les

machines à voyageurs actuelles nous paraît devoir être de 2m.44; on irait à 2m.745 si l'on augmentait le volume des chaudières. Quant aux machines à marchandises, les diamètres les plus convenables sont de 1m.525 à 1m.677; si l'on se servait de plus grandes chaudières, on porterait ces chiffres à 1m.83.

Sur la *petite voie*, les diamètres les plus convenables sont de 1m.83 à 1m.982 pour les machines à voyageurs; et de 1m.372 à 1m.525 pour les machines à marchandises.

11e QUESTION. — *Quelles sont les considérations qui limitent l'usage des machines à roues couplées, et jusqu'à quelles vitesses ces machines peuvent-elles fonctionner sans danger?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL, TREVITHICK ET LOCKE. — Pour de grandes vitesses, on renonce à l'emploi des machines à roues couplées à cause de la violence et de l'extrême rapidité des mouvements alternatifs des bielles d accouplement. Mais ce système est d'un bon usage pour des vitesses qui ne dépassent point 64 kilomètres à l'heure.

MM. BRUNEL ET GOOCH. — On a reconnu impossible, en pratique, de répartir assez également le poids d'une machine sur quatre ou six roues couplées ou d'obtenir des bandages de dureté assez égales pour que ces roues s'usassent toutes d'une même quantité dans un temps donné.

Or, dans le système d'accouplement, les roues inégalement usées étant néanmoins contraintes d'accomplir leur révolution dans un même temps, il en résulte des glissements qui occasionnent des résistances considérables.

Ce système doit donc être seulement appliqué, soit aux petites roues des machines à marchandises, soit dans certains cas spéciaux où l'on ne saurait autrement obtenir une adhérence suffisante. Il est probable que le mode d'accouplement sera perfectionné, mais, quant à présent, nous ne l'employons pas au delà de vitesses de 64 kilomètres à l'heure.

L'accouplement des roues n'offre point d'ailleurs d'autre

danger que la rupture des bielles, accident rare et qui ne saurait avoir de conséquences sérieuses lorsqu'on ne marche pas à grande vitesse. Lorsque les roues couplées sont en bon état, l'accouplement tend à augmenter la stabilité de la machine, sinon la résistance à vaincre devient assez grande pour interdire la marche à grande vitesse.

12e QUESTION. — *Quels sont, pour les plus puissantes machines à marchandises, les poids et dimensions des principales parties constituantes, et comment le poids total est-il réparti sur les roues?*

13e QUESTION.—*Quels sont-ils pour les plus puissantes machines à voyageurs?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL ET TREVITHICK. 12e *Question.* — Cylindres, de 0m.400 à 0m.450.—Course, 0m.600. —Roues, de 1m.372 à 1m.525. — Poids total, 24 à 30 tonnes. — Poids incombant à chaque essieu, 8 à 10 tonnes.

13e *Question.* — Cylindres, de 0m.400 à 0m.450. — Course, 0m.525. — Roues, de 1m.83 à 2m.44. — Poids total, 22 à 25 tonnes. — Poids incombant aux roues motrices, 12 à 14 tonnes; aux roues d'avant, 7 tonnes; aux autres roues, de 3 à 4 tonnes.

M. LOCKE. 12e *Question.* — Cylindres, de 0m.400 à 0m.450. — Course, de 0m. 550 à 0m. 600. — Roues, de 1m.372 à 1m.525. — Poids total, de 24 à 30 tonnes. — Poids maximum par essieu, de 10 à 12 tonnes.

13e *Question.* — Cylindres, de 0m.375.— Course, de 0m.525. —Roues, de 1m.982. — Poids total, 18 tonnes. — Poids incombant aux roues motrices, 8 tonnes; aux roues d'avant, de 5 à 6 tonnes; aux autres roues, de 4 à 5 tonnes.

MM. GOOCH ET BRUNEL. 12e *et* 13e *Question.* — Naguère encore il nous était impossible d'évaluer exactement le poids de nos machines, et surtout celui qui incombe séparément à chaque roue; mais nous avons installé récemment une bascule, ou

plutôt un appareil composé de six bascules, qui atteint parfaitement ce but. Aujourd'hui chaque machine se rend fréquemment à la bascule pour la vérification du poids attribué à chaque roue, ce qui est d'une grande importance pour la stabilité. Les autres Compagnies n'ayant point monté d'appareils semblables, nous croyons qu'il faut se méfier de l'exactitude des poids qu'elles annoncent, car nous nous sommes aperçu par notre propre expérience à combien de mécomptes nous conduisait notre ancienne méthode de vérification.

Voici maintenant les dimensions des parties principales de nos machines à marchandises et à voyageurs,

1° *Machines à marchandises.*

Surface de la grille	1m.q	.719
— de la boîte à feu	11	.501
— des tubes	105	.070
Diamètre	0m	.050
Nombre	218	
Diamètre des cylindres	0m	.400
Course	0	.600
Diamètre des roues	1	.525
Nombre de roues (toutes couplées)	6	
Poids de la chaudière et des accessoires	10tonn	.160
— des cylindres	1	.016
— du châssis extérieur	1	.320
— des essieux	1	.625
— des roues	5	.181
— de divers	5	.742
Poids total	25	.044
Ainsi réparti :		
Sur les roues d'arrière	8tonn	.229
— du centre	8	.534
— d'avant	8	.281

2° *Machines à voyageurs.*

Surface de la grille	1m.q	.951
— de la boîte à feu	14	.214
— des tubes	167	.127
Diamètre des tubes	»	
Nombre	305	
Diamètre des cylindres	0m	.450
Course	0	.600
Diamètre des roues motrices	2	.440
— des petites roues	1	.372
Nombre des roues	8	
Poids de la chaudière et des accessoires	12tonn	.192
— des cylindres	1	.524
— du châssis extérieur	2	.540
— des essieux	1	.879
— des roues	6	.096
— de divers	7	.315
Poids total	31	.546

Ainsi réparti :

Sur les roues d'arrière	7tonn	.264
— motrices	11	.074
Sur les 4 roues d'avant	13	.208

14e QUESTION. — *Quel est, pour de grandes vitesses, le poids maximum que l'on puisse imposer à une paire de roues, — la construction de la voie et son entretien étant tels qu'on lui assure de la solidité sans que, toutefois, l'on se jette, pour lui permettre de supporter des charges extraordinaires, dans des dépenses exagérées ?*

15e QUESTION. — *Quel est, en circonstances favorables, le rapport de l'adhérence à la charge supportée par les roues ?*

16e QUESTION. — *Quel est-il en circonstances défavorables ?*

17e QUESTION.—*Quel doit-il être pour que, abstraction faite des circonstances tout-à-fait extraordinaires, on soit entièrement à l'abri des inconvénients qui résultent d'une adhérence insuffisante?*

MM. STEPHENSON, M CONNEL ET TREWITHICK. *14e Question.* — La sûreté et l'économie du service exigent impérieusement que la solidité de la voie soit proportionnée au poids que l'on impose à l'essieu moteur des machines. Avec les voies actuelles, on ne peut dépasser les poids que nous avons indiqués dans notre réponse aux questions précédentes.

15e et 16e Question. — L'adhérence variant, suivant l'état des rails, depuis 1/6e jusqu'à 1/30e du poids supporté par l'essieu moteur, il n'est point possible de répondre catégoriquement à ces questions.

17e Question. — Le poids des trains et l'inclinaison de la voie ont trop d'influence pour qu'il soit possible de préciser une réponse.

M. LOCKE. *14e Question.* — Pour de grandes vitesses, il est imprudent de dépasser les poids actuellement usités, car la voie en pâtirait trop; c'est plutôt cette considération que celle de la largeur de la voie qui limite la vitesse.

15e et 16e Question. — On ne peut préciser de réponse à ces questions; car il arrive que l'adhérence reste en excès, quoique l'on fonctionne avec le régulateur ouvert au maximum, tandis que d'autres fois les rails sont en tel état que l'on patine, alors même que le régulateur est fermé autant que possible.

17e Question.—D'environ 1/6e du poids supporté par l'essieu moteur.

M. BRUNEL. *14e, 15e, 16e et 17e Question.* — La réponse aux questions qui nous occupent est entièrement subordonnée au mode de construction des machines et à celui de la voie.

Dans une machine très-stable, on peut imposer à l'essieu moteur une charge beaucoup plus forte et avec de moindres inconvénients que dans une machine moins bien équilibrée. Car ce

n'est pas tant la pression verticale provenant du poids imposé aux roues qui détériore la voie, que les pressions et chocs latéraux, ainsi que les frottements de diverses natures, résultant des oscillations, du lacet et du galop des machines. Pour qu'une machine soit très-stable, il faut qu'elle soit, autant que possible, renfermée dans les limites de sa base, qu'elle soit basse, qu'elle ait ses lourdes pièces rapprochées du centre autant que faire se peut, son poids également réparti sur les essieux, les ressorts aisés, les roues motrices placées au centre, et dénuées de boudins s'il y a 8 roues.

Si toutes ces conditions sont remplies, nous pensons que l'on peut, sans inconvénients, doubler les poids actuellement imposés aux essieux.

Sur le *Great-Western*, les machines à 8 roues, construites en dernier lieu, portant 15 ou 16 tonnes sur l'essieu moteur, sont plus stables et détériorent moins la voie que nos premières machines, dont les roues motrices n'étaient chargées que de 8 ou 10 tonnes, et s'il y avait un avantage quelconque à élever le poids de ces machines jusqu'à 40 tonnes, nous les ferions marcher aux plus grandes vitesses sans redouter en aucune façon leur action sur la voie.

L'influence du système de construction de la voie sur la détermination qui nous occupe est considérable; nous ne voulons point parler de la largeur de voie, quoiqu'elle ait une action évidente sur la stabilité des machines, mais du mode de soutènement des rails. Les voies, lorsqu'elles sont formées de rails pesants, encastrés de distance en distance dans des coussinets et reliés par des traverses, forment un système rationnel et excellent tant qu'il est en bon état, mais qui ne peut résister longtemps aux efforts de toute nature, des machines pesantes marchant à grande vitesse ; les coins se desserrent, les rails deviennent ondulés. Aussi ce mode d'assemblage donne-t-il lieu à de fréquents accidents dont sont exemptes les lignes qui, telles que le *Great-Western*, ont leurs rails fixéssur des longrines en bois et supportés par conséquent sur toute leur longueur; nous n'avons

point encore eu d'exemple de rails brisés ou seulement déplacés.

C'est le mode de construction de notre voie qui nous a permis de charger de 16 tonnes nos essieux moteurs, et cette charge peut encore, si l'on veut, être augmentée de beaucoup.

Quant à présent, ce poids est très-suffisant, puisqu'il nous permet de remorquer des trains de 150 tonnes à des vitesses de 112 à 128 kilomètres à l'heure, sans agir d'une manière fâcheuse sur la voie.

1/5 et occasionnellement un 1/4 du poids incombant à l'essieu moteur, telle est la limite supérieure de l'adhérence. Sur le *Great-Western* on se base sur une adhérence de 1/5e à 1/6e, et l'on n'a pas à s'en repentir.

M. Gooch. *14e, 15e, 16e et 17e Question.* — Il est trois considérations qui conduisent à la détermination du poids que doit supporter l'essieu moteur ; ce sont : la puissance de la machine rapportée aux roues motrices, — le poids total de la machine, et le mode de construction de la voie.

1° La charge que l'on peut rationnellement imposer à l'essieu moteur devant varier avec la puissance totale de la machine, il en résulte aussi que pour des courses et des diamètres de cylindres égaux, cette charge est directement dépendante du diamètre des roues motrices. La puissance totale du *Great-Britain*, rapportée à ses roues, qui sont de 2m.44 de diamètre, peut être estimée à environ 2,491 kilogrammes ; or, avec un semblable effort, il a été reconnu, en pratique, que, pour avoir une adhérence d'environ 1/5 sur des rails secs ou lavés par une forte pluie, il était nécessaire d'imposer à l'essieu moteur un poids d'environ 12 tonnes; avec des rails en état défavorable, on ne pourrait plus se servir de l'effort total, et il faudrait diminuer la pression; ajoutons que nous avons vu des machines patiner fréquemment avec une charge de 15 tonnes sur l'essieu moteur, quoiqu'elles ne développassent qu'un effort de 1450 kilogrammes; les rails étaient, il est vrai, dans les conditions les plus défavorables et l'adhérence n'était point égale à 1/10. En pratique nous comptons sur 1/5.

2° Après avoir déterminé le poids qu'il est nécessaire d'imposer à l'essieu moteur, on ne peut, toutefois, l'appliquer, si l'on veut obtenir une machine stable, qu'à la condition que le poids total de la machine permette de disposer d'une charge suffisante pour les autres essieux. En effet, admettons qu'on parvienne à faire une machine qui ne pèse que 20 tonnes, avec des cylindres de $0^{m}.45$, et que, pour l'adhérence, il soit reconnu nécessaire de faire porter à l'essieu moteur une charge de 12 tonnes; il en résulte qu'il ne restera que 4 tonnes de charge pour chacun des autres essieux. Or cette machine sera moins stable et détériorera plus la voie qu'une machine de 30 tonnes n'exigeant également qu'une charge de 12 tonnes pour l'essieu moteur, et en laissant conséquemment 9 tonnes sur chacun des autres essieux. Il y a un exemple frappant du danger de ne pas répartir aussi également que possible le poids total d'une machine : dans un des essais que firent les *Commissaires des voies* à Yorck, ils chargèrent les roues motrices de poids supplémentaires, dans le but d'augmenter ainsi l'adhérence ; mais la machine, après avoir détérioré ou déplacé plusieurs rails, finit par briser un coussinet et dérailler. On a cru, dernièrement, empêcher les machines légères de basculer sur l'essieu central, en reportant l'essieu moteur à l'arrière ; mais il résulte de cette disposition des mouvements bien plus effrayants encore et que l'on aurait pu prévoir : car lorsque les roues motrices sont au centre et qu'elles viennent à glisser, la machine reste supportée sur deux autres paires de roues assez écartées l'une de l'autre pour assurer la stabilité, tandis qu'il n'en est évidemment plus ainsi lorsque l'essieu moteur est relégué à l'arrière.

3° Les diverses causes de détérioration de la voie, qui tiennent d'ailleurs bien plus aux efforts latéraux et aux chocs des machines qu'aux poids incombants aux roues, exigent une solide installation des rails. Or, dans le sytème de voie le plus usuel, considérons les coussinets de joint, par exemple, qui n'empruntent pas de force au rail ; ici, toute la sûreté du train est attachée à la résistance d'une faible épaisseur de fonte et du

serrage de coins en bois. Et cependant, de tous les matériaux, a fonte est le plus perfide, surtout quand elle est soumise à des chocs répétés ; il en est ainsi, même lorsqu'elle est de première qualité, et le bas prix des coussinets ne permet guère que d'y employer des fontes inférieures. La fonte a été bannie, peu à peu, de presque toutes les parties du matériel des chemins de fer qui sont appelées à être mues à de grandes vitesses, et on commence même à l'exclure des ponts. Mais accidents sur accidents résultent de la brisure des coussinets de la voie, et pourtant, chose bizarre, l'opinion publique ne s'émeut pas.

Le *Great-Western*, dont M. Brunel a indiqué plus haut le mode de construction, est complétement exempt d'accidents provenant de la voie. Ajoutons que ce système offre un autre avantage, c'est que, lorsqu'il y a déraillement par suite de la rupture de l'essieu ou de la roue d'une machine ou d'un waggon, les pièces de bois longitudinales soutiennent les roues jusqu'à ce que l'on soit parvenu à arrêter, tandis qu'avec les voies ordinaires, les roues tombent dans le ballast, d'où résultent de terribles accidents.

Nous pensons que sur une ligne construite sur longrines, on peut charger en toute sûreté l'essieu moteur de 16 à 17 tonnes.

18e QUESTION. — *Quelle est la meilleure méthode pour évaluer exactement les résistances dues aux trains suivant les diverses vitesses, et quels sont, sur cette question, les résultats des expériences faites en circonstances ordinaires?*

19e QUESTION. — *Quelles sont, suivant les diverses vitesses, les limites inférieures de résistance sur lesquelles il faut compter pour être à l'abri de toute déception, mais abstraction faite des circonstances extraordinaires?*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL ET TREWITHICK. *18e Question.* —Nous nous en référons au mémoire de M. Harding, lu devant la Société des Ingénieurs civils.

19e Question. — Nous répondrons à cette question en énumé-

rant les charges moyennes qui sont remorquées sur nos chemins, suivant les diverses vitesses.

Ces charges sont de 8 à 10 waggons (soit 40 à 50 tonnes) pour les express trains,—de 20 à 30 waggons (soit 100 à 150 tonnes) pour les trains ordinaires à voyageurs, et 40 à 80 waggons pour les trains à marchandises.

M. Locke. *18e et 19e Question.* — Nous nous en référons aux expériences qui ont été faites au moyen de plans de diverses inclinaisons, par les soins de l'association britannique pour le perfectionnement des sciences, ainsi qu'aux extensions que leur a données M. Harding.

MM. Brunel et Gooch. *18e et 19e Question.* — C'est un problème difficile à résoudre par expériences, vu l'impossibilité de les répéter dans des conditions ou circonstances identiquement semblables.

M. Harding a lu à la Société des Ingénieurs civils un mémoire dans lequel il a consigné les résultats d'un très-grand nombre d'expériences provenant de diverses sources auxquelles il a porté son contingent. Toutes ces expériences ont été faites dans les conditions suivantes : *vitesse uniforme, temps calme, parcours à pente uniforme et exempt de courbes à petit rayon, rails et waggons en bon état.* MM. Robert Stephenson, Bidder et autres ingénieurs qui ont eu occasion d'étudier cette question sur la voie étroite, ont appuyé les conclusions de l'auteur du mémoire et se sont accordés avec lui pour admettre la formule de M. Scott Russell comme applicable aux trains à voyageurs placés dans les conditions que nous venons de rappeler. Voici, du reste, cette formule :

« Soient T le tonnage d'un train, V la vitesse par heure exprimée en milles, N le nombre de pieds carrés de la projection » verticale du train ; soient en outre estimés les frottements à » 6 livres par tonne, la résistance provenant de chaque pied » carré de la projection verticale du train, à 0,0025 de livre, » et enfin la résistance provenant des oscillations et chocs di-

» vers, à $\frac{V}{3}$; la formule qui exprime en livres la résistance de chaque tonne du train est :

$$6 \times \frac{V}{3} \times \frac{V^2 \times 0{,}0025 \times N}{T}$$

» L'auteur du mémoire ajoute qu'en comparant les résul-
» tats donnés par la formule à ceux fournis par l'expérience, on
» trouve que les premiers sont, pour de faibles vitesses, un peu
» plus élevés que les seconds; que pour des vitesses supérieu-
» res, les résultats concordent parfaitement; enfin que la for-
» mule s'applique bien aussi aux trains de voyageurs depuis 20
» jusqu'à 113 tonnes et pour des vitesses de 64 à 96 kilomè-
» tres à l'heure. »

Il est difficile de douter de l'exactitude des résultats que donne cette formule en tant qu'appliquée à la petite voie; elle est confirmée par des personnes parfaitement familiarisées avec le travail de ce genre de voie; mais il n'en est pas de même pour la grande voie, et les expériences qui la concernent ne peuvent inspirer aucune confiance; il en est même où M. Harding a fait jusqu'à des erreurs de calcul.

Convaincus de l'importance d'avoir des résultats exacts et de l'impossibilité d'y parvenir avec des expériences telles que celles qui consistent à abandonner un train à sa pesanteur le long d'un plan incliné, ou à mesurer le temps après lequel un train lancé vient de lui-même à s'arrêter, nous avons construit un dynamomètre de grande dimension muni d'un ressort de traction de $1^m.83$ de long, fait et ajusté avec le plus grand soin et d'une sensibilité extrême. A cet appareil étaient jointes des dispositions pour évaluer les vitesses, la résistance due aux vents et leur direction. Nous fîmes 26 expériences, en nous rapprochant le plus possible des données adoptées par M. Harding. Ainsi, nous choisîmes un mille parfaitement droit et de niveau. Chacune des expériences a été répétée plusieurs fois; mais on conçoit qu'il ait été impossible de maintenir une vitesse toujours parfaitement uniforme, ou d'avoir un temps toujours

calme pour chacun des parcours; nous avons donc consigné avec soin les diverses altérations qui se sont manifestées, de manière qu'on en puisse faire la part. — Le train remorqué consistait en voiture de 1re et de 2e classe de notre Compagnie, chargées avec du fer d'un poids équivalant au poids moyen des voyageurs. Pour faire 100 tonnes, il fallut 9 voitures outre celle du dynamomètre. Enfin, à quatre moments de chaque expérience, nous avons relevé les diagrammes fournis par un indicateur placé sur la machine, ce qui servait en même temps de contrôle. Voici les résultats généraux de ces essais, comparés à ceux que l'on obtient en calculant d'après la formule précitée, la résistance que l'on aurait éprouvée sur la voie étroite dans chacune de nos expériences.

VITESSE par HEURE.	RÉSISTANCE PAR TONNE			EXCÈS DE RÉSISTANCE AFFERENTS A LA PETITE VOIE.	
	de la machine et du train, d'après l'indicateur de la machine.	du train sur la grande voie, d'après le dynamomètre (1)	du train, sur la petite voie, d'après la formule adoptée par M. Harding	relativement aux résultats du dynamomètre.	relativement aux résultats de l'indicateur de la machine.
TRAIN DE 100 TONNES.					
kilomètres.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.		
20.92	4.09	3.47	4.79	38 p. 0/0	17 p. 0/0
32.18	4.80	4.08	5.95	43 —	24 —
72.40	9.92	6.86	10.80	58 —	10 —
93.32	11.69	9.74	13.50	38 —	15 —
98.15	Non obtenue.	10.09	14.30	41 —	—
		MOYENNES.....		43 p. 0/0	16 p. 0/0
TRAIN DE 50 TONNES.					
kilomètres.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.		
33.18	5 89	4.44	6.19	40 p. 0/0	4 p. 0/0
69.19	8.74	7.32	11.74	54 —	34 —
82.06	12.23 (2)	9.30	13.70	47 —	12 —
99.76	11.14	10.29	16.97	66 —	52 —
		MOYENNES.....		53 p. 0/0	25 p. 0/0

(1) Les chiffres de cette colonne ont été obtenus en ajoutant aux indications du dynamomètre la résistance de la portion de la projection verticale du train que masquait le tender; cette résistance a été calculée d'après la formule adoptée par M. Harding.

(2) Le temps était humide et orageux.

Il était évident *à priori* que les résistances devaient être plus grandes sur la petite voie; car, sur la grande voie, on se sert de roues d'un diamètre plus grand, ce qui diminue le frottement. De plus, n'oublions pas que la résistance atmosphérique agit obliquement sur le train et avec une intensité qui varie suivant la direction du vent; que, sous certains angles, cette résistance est aussi forte pour chaque mètre de surface latérale que pour chaque mètre de surface frontale; ajoutons que cette pression latérale produit d'autant plus d'effet qu'elle agit sur une surface plus irrégulière, plus brisée, et qu'elle a pour résultat de presser les rebords des roues contre le rail opposé. Il en résulte que la longueur du train est une considération importante. Avec un train de 100 tonnes, la surface latérale sur la petite voie est de 50 0/0 au moins plus considérable que sur la grande à cause de la différence de largeur des voitures (1). Enfin, les oscillations provenant de défaut de stabilité sont moindres sur la grande voie, où la base des voitures est plus considérable et où la résistance due à cette cause n'atteint pas le tiers de la vitesse, chiffre admis par la formule de M. Harding.

20e QUESTION. — *Les dimensions des machines, leur adhérence et leur résistance étant telles que vous l'avez établi dans vos réponses aux questions qui précèdent, quel est, au maximum, le poids brut (y compris celui de la machine elle-même) que peuvent remorquer les machines à marchandises sur une voie de niveau et à une vitesse constante de 32 kilomètres par heure?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL et TREVITHICK. *20e Question.* — Lors des expériences faites devant les commissaires nommés pour étudier la largeur des voies, une machine beaucoup moins puissante que celles que l'on établit maintenant sur

(1) M. Gooch a évidemment attribué une influence exagérée à l'action de l'atmosphère sur la surface latérale du train. (*Note du Traducteur.*)

la petite voie, a remorqué un train de 400 tonnes, outre son propre poids, à une vitesse moyenne de 31 kilom. à l'heure; la vitesse *maxima* a été de 45 kilom. à l'heure.

Nous estimons que sur niveau, nos plus fortes machines actuelles sont capables de remorquer un poids brut de 540 tonnes au moins, y compris celui de la machine; mais les exigences du service ne vont jamais jusqu'à demander de pareils trains, qui seraient, d'ailleurs, destructeurs des waggons et de leurs accouplements, et qui embarrasseraient aux stations.

M. LOCKE. *20e Question.*— On pourrait facilement remorquer 600 tonnes; mais il y aurait de grands inconvénients à former de pareils trains.

M. BRUNEL. *20e Question.* — Avec des waggons en bon état et bien chargés, on pourrait remorquer jusqu'à 700 et 750 tonnes.

M. GOOCH. *20e Question.* — A une vitesse de 32 kilom. à l'heure, nos grandes machines à marchandises développent un effort de 2,944 kilogr. environ; si, de plus, on estime à 4 kilog. environ la résistance par tonne, y compris celle de la machine, il en résulte qu'il est possible de remorquer un poids brut de 722 tonnes, et c'est une charge que nous transportons souvent, en effet, avec un seul moteur.

21e QUESTION — *Quel est le poids brut que peuvent remorquer les machines à voyageurs, à une vitesse de 64 kilomètres par heure, les autres conditions étant les mêmes que ci-dessus?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL et TREVITHICK. *21e Question.* — Lors des expériences faites devant les commissaires royaux, une machine remorquant 80 tonnes, non compris son propre poids et celui du tender, s'est maintenue à une vitesse moyenne de 79 kilom. à l'heure, sur un parcours de 13 kilom., et à une vitesse moyenne de 71 kil. à l'heure, sur un parcours de 69 kil.

Notons en passant que la machine *A* employée dans tous les essais de la petite voie n'a présenté qu'une différence de vitesse de 5 kilom. par heure, suivant qu'elle remorquait des trains de

80 ou des trains de 50 tonnes. Il en résulte que l'on ne gagne que peu de vitesse en diminuant beaucoup la charge, tandis qu'au contraire, une faible diminution de vitesse permet d'augmenter de beaucoup le poids du train remorqué.

Nos machines évaporent actuellement de 5^{mc}.500 à 6^{mc}.500 d'eau par heure, tandis que la machine *A* n'en évaporait que 4^{mc}800 en moyenne et 5^{mc}. au maximum. Nos meilleures machines à voyageurs peuvent en conséquence remorquer aujourd'hui des trains de 180 tonnes, y compris moteur et tender, et à raison de 64 kilom. à l'heure.

Il y a inutilité et inconvénient à former des trains trop considérables; mais si l'on jugeait convenable de les augmenter, rien ne fait obstacle à ce que nous établissions des machines plus puissantes; en ce moment même nous construisons 3 ou 4 moteurs à 8 roues et de grande capacité.

M. Locke. *21e Question.* — De 120 à 150 tonnes.

M. Brunel. *21e Question.* — De 200 à 240 tonnes.

M. Gocch. *21e Question.* — A une vitesse de 64 kilom. à l'heure, nos machines à voyageurs développent un effort de 2,350 kilogr.; si, de plus, l'on estime à 10 kilogr. environ la résistance par tonne, y compris celle de la machine, il en résulte qu'il est possible de remorquer un poids brut de 236 tonnes, ce qui se vérifie en pratique.

22e Question. — *Quel est ce poids pour ces mêmes machines à une vitesse de 96 kilom. à l'heure?*

MM. Stephenson, M'Connell et Trevithic. — *22e Question.* — 110 tonnes.

M. Locke. *22e Question.* — Moitié environ du poids indiqué à la précédente réponse.

M. Brunel. *22e Question.* — De 160 à 180 tonnes.

M. Gooch. *22e Question.* — A une vitesse de 96 kilom. à l'heure, nos machines développent un effort de 2,220 kilogr. environ; si, de plus, on estime à 12 kilogr. environ la résis-

tance par tonne, y compris celle de la machine, il en résulte qu'il est possible de remorquer une charge brute de 181 tonnes environ, ce que confirme la pratique.

23e QUESTION. — *Quelle vitesse les mêmes machines, seules et sans tenders, pourraient-elles atteindre sur un chemin de niveau?*

M. LOCKE. *23e Question.* — De 129 à 145 kilom. peut-être. Mais il importe de faire remarquer que pour chaque vitesse il y a lieu d'adopter, pour les machines, une construction différente. Telles machines susceptibles de faire un certain travail à une vitesse de 60 kilom., pourraient bien, à une vitesse de 96 kilom., n'être plus capables que de remorquer leur propre poids.

M. BRUNEL. *23e Question.* — La plupart des machines n'excéderaient sans doute guère la vitesse à laquelle elles parviennent en remorquant une charge modérée, si on ne les établissait pas suivant une construction spéciale et propre à des vitesses supérieures.

M. GOOCH. *23e Question.* — La contre-pression croît avec la vitesse, et la puissance de la machine décroît en raison inverse. Je pense que la limite de vitesse d'une machine ne remorquant que son propre poids est peu différente de celle qu'elle peut atteindre en traînant une charge légère.

MÉMOIRE N° XVI.

Notice sur un pont en fonte construit sur l'Yonne par MM. Seguin frères, sur le chemin de fer de Montereau à Troyes.

PAR M. CH. GUILLAUME,

Ingénieur civil, attaché à la construction du Chemin.

Le chemin de fer de Montereau à Troyes, qui coupe la rivière d'Yonne à 800 mètres de son point de soudure avec le chemin de fer de Paris à Lyon, la traverse au moyen d'un pont en fonte qui a présenté dans sa construction et dans son levage quelques dispositions particulières que je me propose de retracer. Ces dispositions sont nouvelles et remplissent complétement les conditions que s'étaient données les constructeurs, savoir :

1° De donner à la clef la plus petite hauteur possible entre le niveau des rails et l'intrados des arches, afin de diminuer l'importance des remblais aux abords ;

2° D'opérer le levage des arches sans le secours de cintres et échafaudages qui eussent apporté des obstacles à la navigation très-active de l'Yonne, et qui auraient pu déterminer quelqu'accident en cas de crue subite de la rivière ;

Et 3° de faire le levage avec économie.

Je donnerai successivement la description générale des pièces de fonte dont se compose le pont, l'exposé des dispositions prises pour le levage pendant qu'on élevait les maçonneries, les détails de l'opération du levage, et les calculs de la résistance de la culée et des efforts qui tendaient à la renverser pendant cette opération.

Je terminerai en indiquant les épreuves qui ont été faites.

Description générale. — Le pont d'Yonne se compose de quatre arches de 24 mètres d'ouverture chacune, surbaissées au huitième de l'ouverture. (Fig. 1, pl. XIV.) La hauteur des naissances, déterminée par la cote la plus élevée de la crue de mai 1836, est de $4^{m},25$ au-dessus de l'étiage. Chaque arche est formée de six fermes, et chaque ferme de deux parties distinctes : un arc en fonte divisé en voussoirs et des tympans qui rachète la différence de hauteur existant entre les diverses parties de l'arc et le niveau du plancher; pour supporter ce dernier, il y a de plus, sur les deux fermes de rive, une plaque en fonte destinée à maintenir le ballast sur le pont.

Chaque arc est divisé en cinq voussoirs dont la section a la forme d'un double T et dont la hauteur est de $0^{m}.50$. Les voussoirs d'un même arc sont rendus solidaires au moyen de parties pleines A B C D, E F G H, qu'on a fait venir à l'extrémité de chacun d'eux et dans le vide compris entre les branches du double T .(Fig. 9 et 10, pl. XIV.) Ces parties pleines, de la même épaisseur que l'arc, sont percées chacune de deux trous qui correspondent à d'autres trous placés dans le voussoir suivant et dans lesquels passent des boulons. Le contact de deux voussoirs successifs n'a lieu que sur la partie en double T, qui est seule dressée avec beaucoup de soin, afin d'éviter la difficulté d'établir un joint parfait sur une surface trop grande.

Les voussoirs placés aux naissances viennent se fixer dans des sabots en fonte où ils sont solidement boulonnés ; ces sabots, appliqués sur une assise de pierres de taille, sont maintenus d'une manière invariable par des boulons barbelés, scellés dans la pierre. Une feuille de plomb, interposée entre les sabots et la pierre de taille, permet à la pression de se répartir uniformément sur toute la surface de contact.

Les tympans d'une ferme se composent de six pièces de fonte évidées et boulonnées entre elles, ainsi qu'avec les voussoirs et le garde-grève; chaque premier tympan est maintenu contre les piles et les culées par six boulons horizontaux qui traversent

toute l'épaisseur des maçonneries. Une feuille de plomb est aussi interposée entre les pierres et la fonte.

Le garde-grève, qui a 0m.50 de hauteur et qui est boulonné sur les tympans des fermes de rive, règne sur toute la longueur de ces fermes, excepté au milieu de l'arche, où le voussoir formant clef remplit aussi les fonctions de garde-grève. Des boulons traversant des tuyaux renflés à leurs extrémités, vingt-quatre croix de St-André boulonnées avec les tympans et des entretoises fixées de distance en distance sur la partie supérieure des tympans, entre les madriers du plancher, s'opposent au rapprochement ou à l'écartement des fermes. Le plancher des trottoirs et les montants du garde-corps sont supportés par des corbeaux en fonte boulonnés sur le garde-grève.

Enfin, le pont est couvert d'une couche de ballast de 0m.50 de hauteur sur laquelle la voie est posée à la manière ordinaire; sauf cependant au milieu de chaque arche, où les traverses sont maintenues par des emboitements que portent les voussoirs de la clef.

Dispositions prises pour le levage pendant la construction des maçonneries. — CULÉES. — Le corps carré d'une culée est traversé par des boulons placés de trois manières différentes (fig. 3 et 4, pl. XIV). 1° Douze boulons verticaux E sont situés deux à deux dans l'axe de chaque arc. Les quatre boulons de rive relient l'assise de pierre de taille du coussinet avec les garde-grève, et les huit du milieu relient cette même assise avec des bandes de fer qui contournent le corps carré de la culée, je l'indiquerai plus loin en parlant du levage.

2° Trois cours de douze boulons horizontaux P servent à maintenir les tympans contre la culée.

3° Trois boulons horizontaux H de même diamètre que les précédents traversent la culée dans toute sa largeur et s'opposent à l'écartement des deux faces latérales de la maçonnerie.

De plus, toutes les pierres de taille sont reliées entre elles par des crampons en fer. La culée résiste ainsi comme un seul corps.

Enfin, dans le même plan que chacune des assises C et D on a établi une voûte horizontale qui s'appuie sur les murs en retour comme sur des piédroits et qui reporte sur ces murs la poussée qu'elle reçoit.

PILES. — Une pile n'est traversée que par deux séries de boulons; six sont verticaux, et, comme dans les culées, relient l'assise du coussinet avec le garde-grève, et les trois cours de douze boulons horizontaux maintiennent contre la maçonnerie les tympans de deux arches voisines. (Fig. 5 et 6, pl. XIV.)

LEVAGE. — Cette opération se fit avec autant de régularité que d'économie et de simplicité. Neuf ouvriers seulement y prirent part, en y comprenant le marinier qui dirigeait le bateau-ponté, et passait les ouvriers d'une rive à l'autre suivant les besoins du service, et le matériel qu'on y employa comprenait deux treuils, deux chèvres, un bateau-ponté et quelques madriers.

On commença par élever les six premiers tympans contre la culée, au moyen d'une chèvre et d'un treuil (fig. 1, pl. XIV) qu'on établit sur la partie supérieure de la maçonnerie. Les tympans successivement élevés et fixés par les boulons horizontaux dont j'ai parlé plus haut, on riva sur la partie supérieure des quatre tympans intermédiaires en M (fig. 7 et 8, pl. XIV) une bande de fer MNO de $0^m,220$ de largeur sur $0^m,018$ d'épaisseur que l'on fit contourner le corps carré de la culée, et qui fut reliée à la maçonnerie par les boulons horizontaux et verticaux.

Les deux garde-grève placés sur les fermes de rive qui se prolongeaient sur la culée furent maintenus à la maçonnerie par les boulons verticaux, et fixés aux tympans par les boulons de joint.

Cela fait, pour continuer le levage avec une réussite parfaite et pour diminuer l'effort qui tendait à renverser en rivière la maçonnerie encore fraîche, on prit les dispositions suivantes.

A chaque bande de fer M N O on souda deux oreilles P, autour desquelles on accrocha un hauban formé de 40 fils de fer n° 18 dont l'autre extrémité, munie d'une vis de rappel,

s'appuyait sur une charpente reposant contre les murs en retour de la culée.

On leva alors les six seconds tympans, que l'on boulonna aux premiers, et l'on fixa les sabots en fonte sur l'assise du coussinet.

La chèvre et le treuil furent ensuite avancés sur un plancher de madriers que supportaient les tympans déjà posés, puis on boulonna avec les tympans et les sabots, les voussoirs qui avaient été levés, et l'on opéra comme précédemment pour placer le troisième tympan et les seconds voussoirs.

En faisant le même travail aux piles, on eut le soin d'avancer le levage simultanément de chaque côté des piles pour maintenir l'équilibre.

On ferma facilement les arches en montant les voussoirs de clef au moyen de deux chèvres ; on mit ensuite en place les croix de St-André, les boulons horizontaux, le garde-grève et les corbeaux qui supportaient le trotoir.

Ce levage si hardi, mais si simple, dura seulement quatre mois pour les quatre arches.

Calculs de la résistance de la culée et des efforts qui tendaient à la renverser pendant le levage. — Les efforts au renversement de la culée au moment où l'on posait la clef se divisaient de la manière suivante :

6 1ers tympans pèsant ens.	4,800 k.	et ayant le centre de gravité à 0m.50 du point de rot.				2,400 k.
6 2es id.	id.	3,600	id.	2,00	id.	= 7,200
6 1ers voussoirs	id.	10,800	id.	2,50	id.	= 27,000
6 3es tympans	id.	5,280	id.	3,50	id.	= 18,480
6 2es voussoirs	id.	12.000	id.	7,50	id.	= 90,000
Moitié du poids d'une clef	1,200 k.	2,980	id.	9,00	id.	= 25,200
Chèvre et câbles	300					
Madriers	800					
Ouvriers	500					
		Effort total au renversement de la culée				170,280 k.

La culée pouvait-elle résister à cet effort?

La longueur de la culée était de 8m.50, sa largeur jusqu'à la naissance des murs était de 2m.50, et la hauteur du corps carré

était de $3_m.25$; la maçonnerie présentait donc un cube de $8.50 \times 2.50 \times 3.25$ ou 69 mètres cubes. Or, le poids d'un mètre cube de maçonnerie étant de 2,200 k., le poids du corps carré était de $69 \times 2.200^k = 151,800^k$. Ce poids, multiplié par $1^m.25$, moitié de la largeur de la culée, donnait en conséquence pour la résistance totale de la maçonnerie de la culée $151,800 \times 1.25$ où 189,750, chiffre plus fort que celui qui exprime l'effort total au renversement de la culée. Cela posé, il devient important de savoir si les 36 boulons horizontaux qui traversent la culée et les 4 bandes de fer qui contournent la maçonnerie en maintenant les tympans, peuvent résister à ce même effort et ne pas être brisés par le poids.

Pour cela, il faut calculer l'effort qui est supporté par millimètre carré de fer; cette recherche peut se simplifier en ne comptant dans les calculs suivants, pour la résistance des boulons, que la section due au diamètre intérieur des filets, et pour celle des bandes de fer, que la section diminuée des trous qui reçoivent les boulons verticaux.

Or	4 bandes de fer de	$0^m.190$	sur	$0^m.018$		$= 13.680^{mq}$	$\times$ 3.25	$= 44,460$ k.
	12 boulons horizontaux du	1er	rang de	$0^m.027$	de diamètre	= 6.870	$\times$ 1.30	= 8,931
	12	id.		2e id.	id.	= 6.870	$\times$ 2.40	= 16,488
	12	d		3e id.	d.	= 6.870	$\times$ 3.00	= 20,610
						Total.		90,489

Donc le poids supporté par millimètre carré de section n'était que de $\frac{170,280}{90,489} = 1^k,88$.

Cet effort si faible donne toute sécurité.

On a vu plus haut que la résistance de la culée était plus grande que l'effort qui tendait à la renverser; mais comme elle n'était que faiblement supérieure à l'effort au renversement, et comme les maçonneries étaient encore fraîches au moment du levage, on ne pouvait se fier entièrement à la maçonnerie; pour éviter les chances d'accident, on se servit, au levage, de haubans en fil de fer qui furent attachés aux premiers tympans et fixés à un système de charpente s'appuyant sur l'extrémité des murs en retour.

Si l'on veut avoir la force totale qui s'opposait au renversement, il faut donc calculer la résistance due à ces haubans et l'ajouter à celle de la maçonnerie.

Or, chaque hauban était composé de 40 fils n° 18; chaque fil avait un diamètre de $0^{m}.00308$ et une section de $7^{mm\,q}.145$.

La section d'un hauban était de $7^{mm\,q}.145 \times 40 = 298^{mm\,q}$; ce qui, en multipliant ce nombre par 60^{k}, effort du fil de fer à la rupture par millimètre carré et par 4, nombre des haubans, donnait $72{,}000^{k}$ pour l'effort absolu.

La distance entre les haubans et le point de rotation étant de $3^{m},25$, la résistance qui leur était due se trouvait être de $72{,}000^{k} \times 3^{m},25 = 234{,}000^{k}$.

En réunissant la résistance de la maçonnerie à celle des haubans, on avait :

Pour la maçonnerie.	$189{,}750^{k}$
Pour les haubans.	234,000
Ensemble.	$423{,}750^{k}$

Ce chiffre 423,750 exprime la résistance totale au renversement. Le rapport entre la résistance et la puissance devient donc :

$$\frac{423{,}750}{170{,}280} = \frac{2.49}{1} = 2.49$$

Une autre chose importante à vérifier avant de commencer le levage consistait à savoir si les sections réunies ab + bc + de des premiers voussoirs et des premiers tympans près de la culée, pouvaient supporter l'effort de $170{,}280^{k}$ qui agissait au moment du levage de la clef.

Rien n'est plus simple :

Sect. d'un 1er voussoir, $45{,}000^{mm\,q}$. — Dist. entre le centre de gravité et le point de rot. $0^{m}.25$. 11,250 k
D° de la barre d'un
1er tympan..... 11,250 — D° d° d° 0.61^{m}. 6,862 50
D° 11,250 — D° d° d° 2.86^{m}. 32,175 »
Pour une ferme..... 50,287 50

Et pour les 6 fermes, $50287.50 \times 6 = 301725$.

Donc l'effort supporté par chaque millimètre carré de fonte était de $\frac{170280}{301725} = 0^{k}.56$, ce qui, comme on le voit, constitue une très-faible charge.

Epreuves. — Les épreuves que l'on fit subir au pont d'Yonne eurent lieu dans le mois d'avril 1848 et elles furent très-satisfaisantes. Le pont fut chargé de 320,000 k. et sous cette pression les fermes fléchirent seulement de 4 à 5 millimètres; elles reprirent aussitôt leur position primitive dès que la charge disparut.

Puis, pour se rendre compte du mouvement horizontal, on plaça 160,000 k. sur la voie aval du pont, on lança sur la voie, amont, à des vitesses différentes, un train qui pesait 160,000 k.; sous cette influence le mouvement horizontal fut inappréciable.

Pendant l'exploitation de la ligne sur un pont tout à fait semblable construit sur le même chemin de fer près de Nogent-sur-Seine, dans les derniers mois de 1848, des ouvriers qui travaillaient à la réparation des voies sur la première arche de ce pont ayant eu l'imprudence de ne pas avertir, au moyen de signaux de convention, du travail qu'ils faisaient, un convoi de marchandises, lancé avec la vitesse ordinaire, se présenta pour franchir le pont; les rails manquant, la machine tomba avec un choc terrible sur le milieu de l'arche, sauta de traverse en traverse et vint heurter contre le garde-grève, qui, par la résistance qu'il offrit, la maintint : aucune pièce du pont ne souffrit de cette épreuve; toutes restèrent en bon état, et prouvèrent, en résistant à ce choc, le soin avec lequel il avait été exécuté et la solidité du système qui avait été suivi.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 4. — Janvier, février, mars 1849). 1

Liste générale des membres de la Société. 9

Mémoire n° 8. — Notice sur un pont construit dans la plaine de Lery, à la fin de l'année 1844, pour faciliter l'écoulement des eaux d'inondation, en amont du pont du Manoir sur la Seine, par M. Emile Chevalier, ancien ingénieur principal du chemin de fer de Paris à Rouen. 17

Mémoire n° 9. — Notice sur la préparation d'un jaune fusible, à mêler pour la peinture sur porcelaine, par M. Salvetat, chimiste de la manufacture nationale de Sèvres. 23

Mémoire n° 10. — Note sur les moyens de régler la suspension des machines locomotives, par M. Nozo (Alfred), ingénieur des ateliers du chemin de fer du Nord. 31

Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 5. — Avril, mai, juin 1849). 41

Mémoire n° 11. — De l'entretien des roues montées sur essieux, au chemin de fer du Nord, par M. Nozo (Alfred). 45

Mémoire n° 12. — Calculs sur la puissance de vaporisation et de traction des machines locomotives, fonctionnant sur divers chemins de fer, par M. Henry Mathieu. 121

Mémoire n° 13. — Note sur un nouvel emploi du platine dans la peinture sur porcelaine, par M. Salvetat. 129

Pages.

Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 6. — Juillet, août, septembre 1849). 134

Extrait des procès-verbaux. — De l'industrie des sondages. — M. Degousée rapporteur. 137

Moteur-Pompe Gérard. — MM. Ch. Callas et Faure rapporteurs. 140

Des constructions navales. — M. Lecœuvre rapporteur. . . . 145

Mémoire n° 12 *bis*. — Situation de l'industrie des aciers en France (Exposition de 1849), par M. La Salle, ingénieur civil. 149

Mémoire n° 13. — De l'emploi du zinc dans les constructions, par M. Yvert. 173

Mémoire n° 14. — Analyse de quelques grès cérames, par M. Salvetat. 180

Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 7. — Octobre, novembre, décembre 1849). . . 185

Extraits des procès-verbaux. — Produits de l'industrie relatifs à l'éclairage. — M. Arson rapporteur. 193

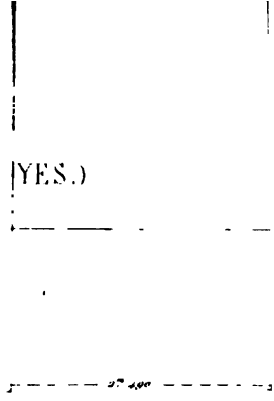
Des instruments géodesiques. — M. Yvon Villarceau rapporteur. 196

De l'établissement des chemins de fer en Espagne. — Note par M. Eug. Flachat. 203

Mémoire n° 15. — Enquête sur les machines locomotives en 1848. 214

Mémoire n° 16. — Notice sur le levage d'un pont en fonte construit sur l'Yonne, par MM. Seguin frères, sur le chemin de fer de Montereau à Troyes, par M. Ch. Guillaume. 247

TROYES.)


(YES.)

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

IMPRIMERIE DE GUIRAUDET ET JOUAUST,
338, RUE SAINT-HONORÉ.

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

ANNÉE 1850

Paris

RUE BUFFAULT, 26

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Janvier, Février, Mars 1850.)

N° 8.

Au commencement de ce trimestre, la Société a chargé une commission spéciale d'étudier la question des caisses de secours. Cette commission, composée de MM. Alcan, Yvon, Nozo, Rhoné, Gouin et Gayrard, a reçu le programme suivant :

Comparer les différents systèmes d'associations pour secours mutuels appliqués en France ou à l'étranger dans les établissements publics, dans les usines et entre ouvriers ;

Rechercher l'influence exercée sur la situation financière des caisses de secours par les dispositions statutaires relatives aux limites d'âge d'admission, au chiffre des cotisations, à la quotité et à la durée des secours aux malades, aux infirmes et aux survivants des sociétaires décédés, par les frais d'inhumation, etc.

Composer, d'après l'étude précédente, des statuts-modèles dont la base mathématique et les dispositions générales soient de nature à s'appliquer au plus grand nombre des cas d'agglomération d'ouvriers ;

Déterminer jusqu'à quel point et dans quelles limites on pourrait établir des caisses de retraite, soit comme annexes des caisses de secours, soit comme caisses spéciales et indépendantes.

La commission s'est mise immédiatement en mesure de commencer ses travaux, et a adressé en conséquence des demandes

de renseignement à un grand nombre d'établissements et de sociétés de secours mutuels. Quelques documents lui ont été fournis, et elle s'efforçait d'en réunir davantage lorsque la loi du 15 juin 1850 sur les caisses de secours est venue limiter sa tâche à la rédaction d'un modèle de statuts.

La seconde question importante mise à l'ordre du jour pendant ce trimestre est celle des agents-voyers. La Société a chargé M. Gayrard de lui présenter un travail sur la nature et la limite actuelle des fonctions des agents voyers et sur l'utilité de l'extension qu'il serait à propos de leur donner dans l'intérêt départemental, en fournissant aux conseils généraux les moyens d'exercer une influence plus immédiate sur la direction des travaux à la charge des budgets départementaux. M. Gayrard a été invité à faire connaître dans son travail l'importance du service vicinal en France, tant sous le rapport du personnel que sous celui des fonds qui y sont consacrés.

Le dépôt à l'Assemblée législative d'une proposition de MM. Charras et Latrade, ayant pour objet d'ouvrir le cadre des Ingénieurs de l'Etat aux conducteurs des Ponts et Chaussées remplissant certaines conditions d'aptitude, a remis à l'ordre du jour de la Société l'une des premières questions dont elle se soit occupée à l'origine de sa fondation.

Le projet de MM. Charras et Latrade ne donnant pas, à beaucoup près, satisfaction aux idées émises sur cette matière par la Société des Ingénieurs civils, son bureau a été admis, sur sa demande, à présenter des observations à la Commission de l'Assemblée législative.

Les mandataires de la Société ont fait ressortir l'insuffisance et par suite les inconvénients de la proposition. Envisageant la question de direction, de surveillance et d'exécution des travaux publics à son point de vue le plus général et le plus élevé, ils ont posé en principe que l'Etat ne devait se priver volontairement du concours d'aucune intelligence; qu'il devait être libre de choisir ses agents, sans distinction d'origine, parmi les plus capables et les plus expérimentés, qu'ils appartinssent ou

sion aux cadres officiels. La proposition de MM. Charras et Latrade ne satisfaisant pas à ces conditions nécessaires, ne tenant pas plus de compte que le système en vigueur du principe de la liberté du travail, et ne touchant que par un détail au mode actuel de recrutement des Ingénieurs de l'Etat, le bureau de la Société a dû combattre cette proposition, en expliquant qu'il était prêt à accepter, sauf toutes réserves pour l'avenir, une réforme si modeste qu'elle fût, mais à la condition qu'elle serait réelle, et qu'elle aurait pour conséquence de renforcer le corps des Ponts et Chaussées en y introduisant les Ingénieurs les plus habiles et les plus distingués, sans acception d'origine, et non de l'affaiblir en le recrutant dans les rangs inférieurs du corps.

Les observations du bureau ont été accueillies avec bienveillance par la Commission; les principes exposés au nom de la liberté du travail et de l'intérêt de l'Etat ont paru être admis par elle; mais la crainte de ne pas les voir également adoptés par l'Assemblée a retenu la Commission dans les limites tracées par la proposition dont elle était saisie.

L'expérience a prouvé, en effet, combien les idées émises depuis trois ans par la Société ont fait peu de progrès dans le monde parlementaire. La loi votée à la fin de 1850 a consacré le principe d'exclusion contre lequel la *Société des Ingénieurs civils* a protesté sans cesse, en soutenant, comme elle le fait encore, que l'Etat doit avoir le droit de choisir son personnel partout, suivant les travaux qu'il a à faire et les garanties de capacité spéciale qui lui sont offertes.

Les démarches faites auprès de M. le Ministre de l'agriculture et du commerce pour obtenir la reconnaissance de la *Société des Ingénieurs civils* comme société d'utilité publique ont été continuées, mais elles sont restées jusqu'ici sans résultat officiel. Le bureau de la Société, ne voulant rien négliger pour obtenir une décision aussi importante, s'est préoccupé des moyens de fournir au Gouvernement les garanties et les justifications exigées en pareille circonstance.

A cet effet, une commission a été chargée de revoir les statuts et de les réduire à un petit nombre d'articles, qui ne seraient plus susceptibles de modification une fois la Société reconnue d'utilité publique; toutes les dispositions administratives et les détails d'organisation intérieure qui figuraient dans les anciens statuts, étant réunis sous forme de règlement de manière à pouvoir toujours être modifiés lorsque l'expérience en fera reconnaître l'utilité.

Une assemblée générale convoquée *ad hoc* par lettres spéciales pour le 15 février, a voté ces statuts définitifs.

Les différences essentielles consistent : 1° dans le nom de notre Société, qui depuis lors s'appelle simplement *Société des Ingénieurs civils*; 2° dans le droit d'admission, qui de 10 francs a été porté à 25 francs; 3° dans le chiffre de la cotisation des membres de province, qui de 12 francs a été élevé à 24 francs, comme en 1848; 4° dans le délai d'un an au lieu de deux pour payer la cotisation; 5° enfin dans le vote d'un fonds social de 10,000 francs souscrit par la Société.

M. Emile Thomas a lu dans la séance du 15 février un extrait du mémoire remis par lui à M. le Ministre de la marine et des colonies pour rendre compte de la mission qui lui avait été donnée de comparer le travail des esclaves et celui des hommes libres dans les colonies françaises.

M. Lorentz a donné lecture d'un mémoire qu'il a rédigé en collaboration avec M. Eugène Flachat sur les moyens à employer pour alimenter d'eau la ville de Madrid.

Enfin, M. Polonceau a lu un mémoire sur la construction de nouvelles machines à marchandises qu'il a fait établir pour le service du chemin de fer de Paris à Orléans. Ce mémoire a donné lieu à une discussion longue et approfondie sur la construction des machines locomotives. Cette discussion a occupé une partie des séances de ce trimestre.

Il en sera rendu compte dans un de nos bulletins.

Nous donnons ici les statuts adoptés dans la séance du 1er février 1850.

STATUTS.

ARTICLE 1er. — Il est formé une Société ayant pour titre : **Société des Ingénieurs civils.**

ART. 2. — Cette Société, fondée le 4 mars 1848 par les anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures, a pour but :

1° D'éclairer par la discussion et le travail en commun, les questions d'art relatives au génie civil ;

2° De concourir au développement des sciences appliquées aux grands travaux de l'industrie ;

3° De provoquer l'extension du système du concours scientifique pour l'admission aux fonctions publiques qui rentrent dans la profession d'Ingénieur, telles que celles d'agents voyers, etc. ;

4° D'étendre, par le concours actif de ses membres, l'enseignement professionnel parmi les ouvriers et chefs d'industrie ou d'ateliers ;

5° De poursuivre par l'étude des questions d'économie industrielle, d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays ;

6° D'entretenir des relations suivies et un esprit de confraternité entre tous les membres de la Société ;

7° De rechercher et faire connaître à ses membres les positions et emplois vacants auxquels ils pourraient aspirer ;

8° Enfin, d'assister temporairement, dans la limite de ses ressources, ceux de ses membres qui seraient dans la nécessité de réclamer ce concours.

ART. 3. — Le siége de la Société des Ingénieurs civils est fixé à Paris, rue Buffault, n° 26.

ART. 4. — Les membres de la Société, dont le nombre est illimité, se divisent en membres sociétaires et membres associés ; le nombre des membres associés ne devra jamais excéder le cinquième de celui des membres sociétaires.

ART. 5. — Pour être admis à faire partie de la Société à

titre de membre sociétaire, il faut être Ingénieur, exercer actuellement ou avoir exercé la profession d'Ingénieur.

Toute personne s'occupant spécialement de l'étude des sciences qui se rapportent à l'art de l'Ingénieur, tout industriel peut être admis dans la Société à titre de membre associé.

Les demandes d'admission sont faites dans la forme prescrite au règlement et soumises à l'approbation de la Société.

ART. 6. — La Société prononce sur l'admission dans ses réunions ordinaires; les suffrages sont exprimés au scrutin secret; le candidat doit en réunir les deux tiers; son admission est alors proclamée comme membre sociétaire ou comme membre associé.

ART. 7. — Dans les six mois qui suivront son admission, tout membre doit adresser au secrétariat de la Société, soit un mémoire sur une question industrielle ou scientifique, soit une notice détaillée sur des travaux exécutés.

ART. 8. — L'administration de la Société et l'organisation de ses travaux sont confiées à un bureau et à un comité électifs.

ART. 9. — Le comité a pour mission spéciale d'organiser les travaux de la Société. Il étudie les questions qui lui sont déférées par les délibérations de l'assemblée; il examine, en outre, spontanément, toutes les questions qu'il juge utile de traiter, et, s'il y a lieu, en donne connaissance par un rapport qui est soumis à la discussion de la Société.

ART. 10. — Le comité représente la Société et agit en son nom auprès des pouvoirs publics et des corps constitués, toutes les fois que cette action a été jugée utile par décision de la Société, prise en réunion ordinaire ou extraordinaire. Il donne suite aux décisions prises en assemblée.

ART. 11. — En cas d'urgence, le comité convoqué par le président agit spontanément, sauf à rendre un compte motivé de ses actes d'urgence dans la plus prochaine réunion.

ART. 12. — Un compte-rendu des travaux de la Société, des communications qui lui sont faites et de celles qu'elle juge à propos de faire sur des questions scientifiques et industrielles,

est rédigé par les soins du comité et publié périodiquement. Ce compte-rendu est adressé à chacun des sociétaires.

ART. 13. — Le comité se compose de trente membres, dont dix membres du bureau.

ART. 14. — Le bureau administre les affaires de la Société, exécute ses délibérations et la convoque en réunion extraordinaire; il surveille l'emploi des fonds.

ART. 15. — Le bureau se compose de dix membres, savoir :

Un président.
Quatre vice-présidents.
Quatre secrétaires.
Un trésorier.

L'un des membres du bureau sera chargé des fonctions de censeur.

ART. 16. — Les membres associés pourront avoir deux places dans le comité.

ART. 17. — Les sociétaires se réunissent régulièrement deux fois par mois.

ART. 18. — Les dernières réunions de juin et de décembre sont des assemblées générales dans lesquelles le trésorier soumet à l'approbation de la Société les comptes du semestre écoulé.

ART. 19. — L'élection des membres du comité a lieu dans l'assemblée générale de décembre.

ART. 20. — Le bureau en exercice préside à cette élection et fait le dépouillement du scrutin.

Un scrutin spécial a lieu pour la nomination du président, qui ne peut être élu qu'à la majorité absolue des membres présents. Dès que son nom est proclamé, on procède à l'élection des autres membres du bureau, par un seul scrutin de liste. Les nominations ont lieu à la majorité simple. Après la proclamation des membres du bureau, on procède de la même manière à un troisième et dernier scrutin pour la nomination des vingt membres du comité.

ART. 21. — Les membres du comité et du bureau sont réeli-

gibles, mais la présidence ne peut être confiée au même sociétaire pendant deux années consécutives.

ART. 22. — Si un membre du comité se démet de ses fonctions ou est déclaré démissionnaire pendant le trimestre qui suit l'une des deux assemblées générales, il est pourvu à son remplacement dans la première réunion.

ART. 23. — Le fonds social de la Société se compose :

1° Des droits d'admission et de la cotisation dont il sera parlé ci-après ;

2° De la somme de dix mille francs souscrite par ses membres et de tous les autres apports qui, successivement, pourraient être faits à ladite Société ,

3° Des intérêts de ces sommes.

Ce fonds social de dix mille francs est inaliénable ; les intérêts seuls seront applicables aux dépenses de la Société.

ART. 24. — Pour subvenir aux dépenses de la Société, tout sociétaire versera entre les mains du trésorier :

1° A titre de droit d'admission, la somme de 25 fr. ;

2° A titre de cotisation annuelle, une somme de 24 fr.

ART. 25. — La cotisation annuelle sera payée intégralement dans l'année courante.

ART. 26. — Le comité, sur la proposition de deux de ses membres, peut décider, à la simple majorité, qu'il sera fait remise de tout ou partie de la cotisation de l'année courante, aux sociétaires qui en auront fait la demande motivée.

ART. 27. — Sera considéré comme démissionnaire, tout membre qui aura laisser écouler l'année sans acquitter sa cotisation.

ART. 28. — La Société a toujours le droit d'expulser de son sein tout membre qui ne réunirait plus des conditions suffisantes de moralité.

ART. 29. — Le règlement ne pourra être modifié qu'en assemblée générale, convoquée spécialement.

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

De M. Poloncean : 1° un mémoire sur la construction des machines locomotives ;

2° Une note sur les précautions à prendre sur les chemins de fer lors de la chute des neiges.

De M. Lorentz, un extrait de l'enquête ouverte par le parlement anglais sur les résultats obtenus par les machines locomotives ;

De M. Alcan, un exemplaire de son Essai sur l'industrie des matières textiles ;

De M. Salvetat, un mémoire contenant les recherches analytiques sur les rouges employés dans la peinture sur porcelaine ;

De M Chavès, un mémoire sur la théorie des voûtes usuelles ;

De M. Alf. Pothier, un exemplaire de son mémoire sur l'influence de l'exploitation des mines sur la colonisation de l'Algérie.

De M. Eug. Flachat, un mémoire sur la distribution des eaux dans la ville de Madrid.

Les membres nouvellement admis sont les suivants, savoir :

Au mois de février :

MM. Loisel, présenté par M. Callon.

Championnière, présenté par M. Gerder.

Gauzenbach, présenté par M. Flachat, Eug.

Au mois de mars :

MM. Bertot, présenté par M. Nozo.

Lavallée, présenté par MM. Flachat (Eug.), Gouin et Rhoné.

Toni Fontenay,	idem.	Flachat (Eug.), Deligny et Cretin.
Goschler,	idem.	Alcan, Faure et Limet.
Boutmy,	idem.	Flachat, (Eug.), Petiet et Bourdon.
De Joly,	idem.	Alcan, Faure et Limet.
Martenot,	idem.	Bois (Victor), Flachat (Eug.), et Mony.

LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES AU 1er JANVIER 1850

Membres du Bureau.

Président : M. EUGÈNE FLACHAT *, rue du Havre, 3.

Vice-Présidents : MM. CHARLES CALLON, rue des Vosges, 18.
EMILE VUIGNER *, rue de Paradis-Poissonnière, 44.
C. POLONCEAU *, boulevart de l'Hôpital, 2.
STEPHANE MONY *, rue St-Lazare, 23.

Secrétaires : MM. VICTOR BOIS, place du Havre, 14.
ADOLPHE BELLIER, rue St-Honoré, 83
GUSTAVE GAYRARD, rue St-Nicolas-d'Antin, 46.
LÉON YVERT, rue Bleue, 5.

Trésorier : M. PRIESTLEY, rue Pavée-Saint-Antoine, 3.

Membres du Comité.

MM. PETIET (J.) **, place Lafayette, 22.
NOZO (ALFRED), place du Château-Rouge, 2, à Montmartre.
FAURE, rue de Grenelle-St-Germain, 22.
ALCAN (MICHEL), rue d'Enghien, 28.
HOUEL *, quai de Billy, 48.
CALLA *, rue Lafayette, 11.
EDWARDS *, au chemin de fer de Strasbourg.
DEGOUSÉE, rue Chabrol, 37.
GROUVELLE, rue Racine, 24.
BARRAULT (ALEXIS), rue de Clichy, 63.
SÉGUIN, (PAUL), rue Louis-le-Grand, 3.
THOMAS (LÉONCE) *, rue des Beaux-Arts, 2.
YVON VILLARCEAU, rue Cassini, 14.
DELIGNY, à Asnières.
KNAB, rue de Seine, 72.
CAVÉ *, faubourg St-Denis, 214.
GOUIN (ERNEST) *, rue Neuve-des-Mathurins, 26.
LAURENS, rue des Beaux-Arts, 2.

Sociétaires.

ABOILARD, boulevart Beaumarchais, 91.
ALBRIZIO, rue de la Cure, 4, à Montmartre.
ALBY, place Carline, 11, à Turin.
ALQUIÉ, rue d'Enghien, 15.
ARMENGAUD, rue St-Sébastien, 45.
ARSON, à Vaux (Seine-et-Oise).
BADAROUS, en Algérie.
BARDON, quai d'Austerlitz, 75.
BAUMAL (Henry). cité d'Orléans, 8.
BAYVET, rue Mauconseil, 16.
BEAUMONT (Victor), rue de Calais, 5.
BELVAL, rue Pavée, 6.
BÉNARD, rue des Enfants-Rouges, 11.
BENOIST DU PORTAIL, rue St-Jacques, 75.
BERGERON, rue de Lille, 65.
BERTHOLOMEY, rue de la Roquette, 90, à la Raffinerie.
BEUGNOT, à Mulhouse, maison Kœchlin.
BEVAN DE MASSY, boulevart Montmartre, 3.
BIVER, à Biache-St-Waast, près Vitry (Pas-de-Calais).
BLACHER, rue Chabrol, 63.
BLANCHE, à Puteaux (Seine).
BLARD, mécanicien au ch. de fer de Tours à Nantes (Tours).
BONNEFOI, place des Vosges, 20.
BONNET (Félix), rue de Sèvres, 8.
BLOT (Léon), rue Guénégaud, 15.
BORDET, rue Geoffroy-St-Hilaire, 18.
BORIE, boulevart Poissonnière, 24.
BOUCART, faubourg Poissonnière, 98 et 100.
BOUDARD, rue St-Denis, 313.
BOUDSOT, en Egypte.
BOUGÈRE, rue Buffault, 6.
BOURCART, à Guebwiller (Haut-Rhin).
BOURDON *, au Creusot.
BOURGOUGNON, aux Batignolles, rue Notre-Dame, 1.
BOUSSON, à Roanne (Loire).
BOUTIN, chez M. Mollerat, fabricant de produits chimiques, à Pouilly-sur-Saône (Côte-d'Or).

BRICOGNE, rue Ribouté, 1 bis.
BRIDEL, rue Mazagran, 8.
BUREAU (Jules), rue Mayet, 18,
BUSCHOFP, boulevart Poissonnière, 17
BELANGER, à Fresne-sur-Escaut (Nord).
CAILLÉ, au Creusot (hôtel du Commerce).
CAILLET, quai d'Austerlitz, 75.
CANCE, rue Fontaine-au-Roi, 43.
CHABRIER, rue de la Ferme-des-Mathurins, 54.
CHAPLIN, rue Pavée-St-André, 3.
CHAPPON, à Bar-le-Duc.
CHAUVEL (Emile), à Navart près Evreux (Eure).
CHAVÈS, rue de l'Échiquier, 27.
CHARPENTIER, rue du Temple, 102.
CHEVALIER (Emile), rue de la Victoire, 48.
CHEVALIER (Martial), rue Chauchat, 16.
CHEVANDIER, rue de la Victoire, 22.
CHOBRZYNSKI, rue du Nord, 11.
CLÉMANDOT, à Clichy-la-Garenne.
COMTE, boulevart de la Madeleine, 15.
CORNET, rue Meslay, 12.
COROT, pompe à feu de Chaillot, quai Billy.
COURTÉPÉE, rue des Francs-Bourgeois, 7.
CRÉTIN, rue du Faubourg-St-Honoré, 153.
CURTEL, rue du Court-Debout, à Lille.
DAGUIN, rue des Francs-Bourgeois, 10.
DANRÉ, à Stockholm (Suède), à Bollhusgrund.
DARBLAY, à Corbeil.
DAVID, boulevart des Italiens, 24.
DEBAS, rue Bréda, 26.
DEBAUGE, à Tours (Indre-et-Loire).
DEFFOSSE, à Tours, au chemin de fer.
DEGRAND, rue Richer, 14.
DELLISSE, rue du Faubourg-Poissonnière, 98 et 100.
DELOM (Florentin), rue Montholon, 13.
DEVILLE, rue du Faubourg-St-Germain, 70.
DESMAZURES, boulevart Beaumarchais, 22.
D'HAMELINCOURT, rue Neuve-Coquenard, 26 bis.
DONNAY, rue du Faubourg-St-Denis, 72.
DUBIED (Ed.), à Mulhouse.
DUBOIS, à St-Gaulin, près Mons (Belgique).
DUGOURD, au ch. de Beaurepaire, à Vic, près Breuil (Allier).

DUMÉRY, rue des Petites-Écuries, 45.
DUOLMARD, faubourg du Roule, 105.
DURAND, à la Chapelle-St-Denis.
DURENNE, rue des Amandiers-Popincourt, 11.
DUROÇHER, passage Saulnier, 4 bis.
DUTILLEUX, à Cologne, Apostelu-Kloster, 3 ; à Paris, rue Louis-le-Grand, 8.
DUVAL (Edmond), aux forges de Pimpant-Pléchan (Il.-et-Vil.)
DUVAL-PIRON, rue St-Denis, 277.
ECK, rue du Vert-Bois, 3.
ERHARD, rue St-Pierre-Montmartre, 7.
FAURE DE VILLAT, à Corbeil (Seine-et-Oise).
FÈVRE, rue Richer, 26.
FLACHAT (Adolphe), rue d'Amsterdam, 54.
FONTENAY (de), boulevart Beaumarchais, 3.
FORQUENOT, à Tours (Indre-et-Loire).
FOURNIER (J.-B), à Orléans (Loiret).
FRÈREJEAN, rue de la Tour-d'Auvergne, 21.
FRESNAYE, chez son père, à Illiers (Eure-et-Loir).
FLEISCHMAN, au chemin de fer de Strasbourg.
GALLICHER, forges de Rigny, près Châteauneuf (Cher).
GANNERON, rue de Chabrol, 14.
GARNAUD, rue de l'Abbaye, 14.
GASTELLIER, rue des Filles-du-Calvaire, 18.
GENTILHOMME, quai de la Tournelle, 45.
GERDER, rue St-Georges, 56.
GEYLER (Alfred), rue de Buffault, 13.
GOLLNISCH, au chemin de fer du Nord.
GONSSOLIN, à Alger.
GOUVION, au chemin de fer de St-Germain, rue St-Lazare.
GRANDVOINNET, rue Contrescarpe-St-Marcel, 18.
GRANIER, rue Montmartre, 64.
GRENIER (Achille), route de Paris, à Vincennes.
GRUN, à Guebwiller (Haut-Rhin).
GUELLE, rue des Fossés-St-Marcel, 39.
GUÉNARD DE LA TOUR, aux forges de Saucourt, par Joinville (Haute-Marne).
GUÉRARD, rue du Haut-Pavé, à Epernay.

GUETTIER.
GUIBAL, à l'école des mines, à Mons (Belgique)
GUILLAUME, rue Deslices, 24, à Angers.
GUNTZ, rue de Chaillot, 63.
GARDISSAL, boulevart Saint-Martin,
GERMON, à Epernay, rue des Fusilliers.
HERMARY, à Lambres (Pas-de-Calais).
HOLCROFT, à Tours (Indre-et-Loire).
HOLM, en Angleterre.
HUBERT, rue de l'Oratoire-du-Roule, 32.
HUET, rue de Buffault, 13.
HUMBLET (Léon), à Metz (Moselle).
HERVIER, rue Richer, 60.
JULLIEN, à Montataire (Oise).
KOECHLIN, rue de Chabrol, 63.
KRAFFT (Ed.), à Besançon (Doubs).
LACAMBRE, à Bruxelles (Belgique).
LACHÈVRE, à Rouen (Seine-Inférieure).
LABORIE (de), quai de Béthune, 18.
LABOUVERIE, à Bouillon (Belgique).
LALO, rue Saint-André-des-Arts, 53.
LALIGANT, à Montreuil-sur-Mer.
LANGLOIS (Ed.), rue de Latour-d'Auvergne, 21.
LANDRY, à Pithiviers.
LAPERSONNE, rue de Paradis-Poissonnière, 44.
LASALLE, boulevart National, à Marseille.
LA SALLE, rue Saint-Georges, 58.
LAURENT (Victor), à Planchay-les-Mines, près et par Champagny (Haute-Saône).
LEBON (Eugène), rue Richelieu, 110.
LECLERE, avenue de la République, à Neuilly, 176.
LECLERC (Achille), rue Richer, 60.
LECOEUVRE, rue des Francs-Bourgeois, 25.
LECOINTE, rue Bleue, 6 (est à Vienne).
LEFRANÇOIS, Pithiviers (Loiret).
LEMAIRE, conducteur des ponts et chaussées, rue des Réservoirs, à Versailles.
LEMAIRE-TESTE, rue de Lancry, 35.

LEMOINNE, à Bar-le-Duc.
LEPEUDRY, rue Montholon, 28.
LEROY, à Bar-le-Duc.
LETRANGE, rue Saint-Hyacinthe-Saint-Michel, 29.
LISBOA, rue Louis-le-Grand, 8.
LISCHSTEINSTEN (Paul), à Montpellier (Hérault).
LORENTZ, cité Gaillard, 8.
LOUSTAU, rue de Valenciennes, 1.
LOVE, rue du Bac, 81.
LIMET, rue d'Enghien, 28.
MARAIS, à la Chapelle-Saint-Denis.
MARIOTTE, à Orléans (Loiret).
MATHIAS (Félix)*, chemin de fer du Nord, à Paris.
MATHIAS (Ferdinand) à Lille (chemin de fer du Nord).
MATHIEU, rue Rougemont, 10.
MARGUET, à l'école industrielle de Lausanne (Suisse).
MARSILLON, à Bourges.
MARTIN, à Besançon (Doubs).
MARTIN (Charles), à Bourg (Ain).
MAIRE, rue d'Enghien, 11.
MÉLIN, rue Neuve-Coquenard, 11.
MÉRESSE, à Compiègne (Oise).
MESDACH, rue Saint-Paul 28.
MESMET, rue des Enfants-Rouges, 10.
MEYER, boulevart de la Madeleine, 17.
MIGNON, rue Laval, 15.
MIRECKI, rue Montholon, 9.
MITCHELL, rue du Cherche-Midi, 124.
MONTCARVILLE (DE), place des Vosges, 26.
MOREAU (Albert), rue de Lille, 21.
MORIN (Gustave), à la Croix-Rouge, banlieue de Marseille.
MOUREAU, rue des Carrières, 25, à Charenton.
NANCY, à Strasbourg (Haut-Rhin).
NAUGEOIS.
NILLIS (Auguste), aux Batignolles, rue de la Paix, 10.
ORIOLLE, à Saumur.
PECQUET (Nemours), boulevart Poissonnière, 20.
PÉPIN-LEHALLEUR *, rue de la Victoire, 14.

PETRE, à Rive-de-Gier, chez M. Jackson; à Paris, rue Notre-Dame-de-Nazareth, 25.
PICARD, cité de l'Union, 2.
DE PLANHOL, rue Chanaleilles, 3.
POINSOT, au Conservatoire des Arts et Métiers.
POMMIER (Alphonse), à San-Francisco (Californie).
POT, Grande Rue Marengo, 20, à Marseille.
POTHIER, rue de l'Arcade, 14.
POTTIER (Ferdinand), rue des Beaux-Arts, 9.
POUPÉ, rue de Flandres, 57, à La Villette.
POUSSIN (le major), rue Richer, 43.
PROAL, rue du Pont-de-la-Réforme, 1.
PURY (DE), à Neufchâtel (Suisse).
PERDONNET *, rue Neuve-des-Mathurins, 78.
QUÉTIL, cours des Petites-Écuries, 16.
RAABE, à Rive-de-Gier (Loire).
REDON, à Limoges.
REGEL (DE), à Strasbourg (Bas-Rhin).
REIVEILLER, rue de Bussy, 9.
RÉROLLE, rue Saint-André-des-Arts, 13.
RHONÉ, rue Saint-Lazare, 126.
RUOLTZ (DE), rue de Verneuil, 53.
RICHARD, à Épernay.
RICHARD, rue du Pont, 40, à Seraing (Belgique).
RICHE, rue des Marais-Saint-Martin, 95.
RIDER.
RIVIER, professeur de physique, à Lauzanne (Suisse).
ROSSIRE, à Mazargues, près Marseille.
RUDLER, rue Jean-Goujon, 6.
ROGNON, rue Montmorency, 14.
SALVETAT, manufacture nationale de Sèvres.
SALLERON, à Sens (Yonne).
SAUTIN, rue de Seine, 6.
SATIS, à Puteaux (Seine).
SAULNIER (Ernest), rue de l'Ouest, 96.
SCHMERBER, à Mulhouse.
SCHOENNÉE, rue des Vinaigriers, 17.
SCRIBE, en Californie.

SERVEL, quai d'Austerlitz, 75.
SLAVECKI, rue aux Ours, 33, à Rouen.
SAULTER, rue Hauteville, 13.
SCIAMA, rue Hauteville, 13.
THAUVIN, rue du Temple, 137.
THOMAS (Frédéric), chemin de Tours à Nantes.
THOMAS (Émile), faubourg Poissonnière, 98 et 100.
THOMAS (Pierre), faubourg Poissonnière, 98 et 100.
TRÉLAT (Émile), à Melun (Seine-et-Marne).
VALÉRIO, à Vieille-Montagne, près Liége.
VALLIER, à Versailles, rue Nationale 75.
VAUTIER, rue du Dragon, 3.
VERDAVAINE, rue Saint-Paul, 21.
VIGNEAUX, à Aiguillon, Lot-et-Garonne.
VILLAIN, rue Saint-Germain-des-Prés, 12.
VINCHON, rue Lafitte, 3.
VOLLANT, à Vitry-le-Français.
VILLAINE (Achille de), à Roanne (Loire).
VIRON, au chemin de Tours à Nantes, à Tours.
VOLSKI, quai Maison-Rouge, à Nantes.
VINCENT, rue Pigale, 24.
WEIMBERGER, rue des Vieux-Augustins, 13.

MÉMOIRE N° XVII.

Entretien de la partie tubulaire des Chaudières des Machines locomotives.

Par M. Alfred NOZO,

Ingénieur des Ateliers du Chemin de fer du Nord.

CHAPITRE PREMIER.

EXPOSÉ.

L'entretien de la partie tubulaire des chaudières des machines locomotives donne lieu, dans les ateliers de chemins de fer, à un certain nombre d'opérations qui tirent leur principal intérêt du grand nombre de fois qu'elles se répètent dans le cours d'une année.

Au chemin de fer du Nord, que nous prenons pour exemple, sur 25,500 tubes environ que renferment les 199 locomotives de la Compagnie, les ateliers en ont réparé et remplacé 3,000 en 1848 et 4,000 en 1849; le nombre de 5,000 sera sans doute dépassé en 1850, et on atteindra peut-être le chiffre considérable de 6,000 dans les années suivantes, à moins que l'on ne découvre des procédés complétement efficaces contre les incrustations, de nouveaux perfectionnements dans le mode de fabrication des tubes et de nouveaux moyens de fixer ces tubes aux plaques tubulaires.

Quels que soient, aujourd'hui, les soins que l'on apporte dans la pose des tubes, il arrive qu'après un certain temps de service, des fuites se déclarent dans les assemblages avec les plaques tubulaires. Ces fuites se manifestent d'autant plus vite qu'on apporte moins de soins dans le travail de la pose, et se repro-

duisent, en général, d'autant plus souvent que les eaux d'alimentation sont plus chargées de sels calcaires.

Les moyens employés pour remédier à ces fuites sont ou le matage des viroles ou, ce qui vaut mieux, leur remplacement immédiat. De l'une ou de l'autre façon, il résulte un agrandissement dans le diamètre du tube et, par suite, des déchirements sur les bords, dont la conséquence plus ou moins éloignée est le remplacement du tube lui-même.

En outre, l'usure des tubes à l'intérieur, beaucoup plus grande près de la boîte à feu que près de la boîte à fumée, devient une nouvelle cause de leur remplacement.

Lorsqu'on aura apporté tous les perfectionnements possibles dans les procédés de désincrustation des chaudières et aussi dans le mode de fixation des tubes aux plaques tubulaires, l'usure des tubes à l'intérieur pourra sans doute devenir la seule cause de leur remplacement (1), car à l'extérieur, les tubes ne montrent aucune altération sensible.

La loi que suit l'usure des tubes des machines locomotives, déduite des faits que nous avons pu recueillir, nous montre qu'après un parcours de 100,000 kilomètres, les tubes de $0^m,002$ d'épaisseur et $0^m,049$ à $0^m,050$ de diamètre extérieur ont perdu entre 1/6e et 1/8e de leur poids primitif, et que cette perte de poids est généralement deux fois plus grande près de la boîte à feu que près de la boîte à fumée.

La conséquence la plus immédiate à tirer de là, c'est que des tubes de $0^m,002$ d'épaisseur qu'on mettra hors de service lorsqu'ils conserveront encore près d'un millimètre d'épaisseur (2), ne fourniront, en adoptant le chiffre de 1/6, qu'un parcours

(1) Nous avons vu sur les chemins belges, à la station de Gand, nombre de tubes remplacés par suite de cette seule cause. L'on employait même à ce sujet, lors de l'entrée en réparation des machines, un petit appareil fort ingénieux pour apprécier l'épaisseur que présentaient encore les tubes : cet appareil ressemblait fort à une romaine portant à l'une des extrémités de son fléau un poids et à l'autre une espèce de poinçon qui, sous l'action du poids, passait à travers les parois des tubes dont l'épaisseur était réduite au-dessous de la limite fixée.

(2) Jusqu'à ce que la fabrication des tubes ait reçu tous les perfectionnements

total approximatif de 300,000 kilomètres, à la condition toutefois de les démonter après un premier parcours de 150,000 kilomètres, pour les réparer comme nous le verrons plus loin, et de les changer bout pour bout en les remontant à nouveau sur les machines (1).

En adoptant nos hypothèses, et en partant du chiffre de 3,500,000 kilomètres que parcourent approximativement, par an, les 199 machines de la Compagnie, supposées garnies chacune de 125 tubes, on trouve, en divisant 3,500,000 par 300,000 et multipliant le quotient par 125, que nous consommerons chaque année, par suite d'usure, à peu près 1,460 tubes, sans comprendre les mises au rebut pour cause de mauvaise qualité, malfaçon, ruptures dans le démontage ou accidents dans la réparation. En tenant compte de toutes ces circonstances, on ne doit pas porter le nombre des tubes à réapprovisionner au-dessous du chiffre de 1,600, représentant une dépense annuelle d'acquisition à porter au compte tubes, de 46,600 francs, ou en chiffres ronds 47,000 francs (2).

Il doit être entendu que dans tout le cours de ce Mémoire, il ne sera question que de tubes en laiton, la Compagnie n'ayant employé les tubes en fer qu'à titre d'essai, presque aussitôt abandonné que tenté.

Toutes les opérations auxquelles donne lieu l'entretien de la partie tubulaire des machines locomotives sont confiées à un atelier spécial qui a pris le nom d'*Atelier des Tubes*. Cet atelier,

qu'on est en droit d'attendre, il ne nous paraît pas prudent d'adopter d'autres chiffres que ceux que nous choisissons.

(1) Le parcours de 150,000 kilomètres *paraît* correspondre assez exactement avec le remplacement des foyers.

(2) Ce serait ici le cas de rechercher jusqu'à quel point l'épaisseur de $0^m,002$ est la plus convenable sous tous les rapports. Sans vouloir préjuger la question, nous n'hésitons pas à conseiller l'emploi des tubes de $0^m,002$, de préférence aux tubes de $0^m,002$ 1/2 et quelquefois $0^m,003$ qu'on employait autrefois.

Nous devons ajouter cependant que pour les chemins où les eaux d'alimentation sont pures, il peut être avantageux d'employer des tubes de plus forte épaisseur près de la boîte à feu que près de la boîte à fumée.

figure 1, pl. 16, a été provisoirement établi dans l'une des deux grandes travées des forges, mais il en est complétement isolé par une cloison à claire-voie fermant à clef : il affecte la forme d'un rectangle ayant 25 mètres de longueur sur 6 mètres de largeur, et contient l'installation suivante :

A. Scie circulaire ;

B. Presse hydraulique à essayer les tubes ;

C. Tour recevant alternativement les fraises, fig. 11-12, fig. 13-14 et fig. 15-16 ;

D. Quatre établis de menuisier, garnis chacun d'un étau et ayant, comme annexe, un poteau à rouleau *d*, pour soutenir le tube ;

E. Fourneau-chalumeau pour le soudage, ayant comme annexe un treuil horizontal *e*, pour le levage du tube ;

F. Chevalet pour le redressage des tubes ;

H'. Deux auges à décaper, en bois de chêne, de la contenance de 1,500 litres, placées en dehors de l'atelier, sous un appentis fermé et vitré ;

K. Fourneau de dessiccation des tubes décapés.

L'atelier des tubes est organisé d'après le même principe que l'atelier des roues (voir, à cet effet, le mémoire que nous avons publié dans le numéro d'avril, mai et juin 1849). Il occupe aujourd'hui 12 chaudronniers et 5 apprentis, en tout 17 ouvriers, qui ont entrepris au marchandage par association, suivant spécification et série de prix (page 50), l'ensemble des travaux qui se rattachent à l'entretien de la partie tubulaire des machines-locomotives. La durée de l'entreprise a été fixée à une année.

Les salaires gagnés par les ouvriers entrepreneurs depuis le commencement de leur entreprise sont consignés dans le tableau suivant, qui donne à la fois les taux de journées fixés par la Compagnie pour chacun d'eux, et la journée telle qu'elle est ressortie définitivement après la répartition des bénéfices réalisés sur l'entreprise pendant les neuf premiers mois de sa durée.

NOMBRE D'OUVRIERS payés au même prix.	DÉSIGNATION DES SPÉCIALITÉS.	SALAIRES taxés par la Compagnie.	SALAIRES après répartition des bénéfices s'élevant à 19.5 p. 0/0.
1	Chef-ouvrier chaudronnier....	4 fr. 50 c.	5 fr. 38 c.
2	Ouvriers chaudronniers.....	4 25	5 08
2	*Idem*.....	4 »	4 78
4	*Idem*.....	3 25	3 88
2	*Idem*.....	3 »	3 59
1	*Idem*.....	2 50	2 99
1	Apprenti chaudronnier.....	1 50	1 79
4	*Idem*.....	1 »	1 20

CHAPITRE II.

DESCRIPTION DES OPÉRATIONS.

§ Ier. — Démontage des tubes.

Le démontage des tubes comprend deux opérations distinctes : l'enlèvement des viroles et l'enlèvement des tubes.

L'enlèvement des viroles se fait de plusieurs manières différentes.

Quand la virole a conservé peu d'adhérence avec le tube, l'emploi du chasse-virole (1) suffit pour la détacher ; mais quand le contraire a lieu et que les nombreux coups de chasse-virole ébranleraient les assemblages voisins, il importe de recourir à d'autres moyens.

Celui qui est le plus généralement pratiqué consiste à fendre au burin, sur toute sa longueur, la virole à enlever, de manière à supprimer complétement son adhérence et à lui permettre de sortir sans difficulté.

Si cette seconde méthode offre l'avantage de moins ébranler les viroles voisines, elle a les inconvénients d'être fort coûteuse, de toujours mettre la virole enlevée hors de service (2), de crever souvent le tube et de détruire quelquefois le parfait mandrinage des trous dans la plaque tubulaire, quand les ouvriers n'apportent pas tout le soin possible dans le travail.

M. Dubiez, Ingénieur constructeur à Mulhouse, a récemment adressé à M. Flachat, président de notre Société, les dessins et descriptions d'un appareil fort ingénieux employé en Alle-

(1) Nous appelons chasse-virole une tringle fendue à l'une de ses extrémités que l'on introduit dans les tubes et dont on écarte ensuite les deux parties au moyen d'un coin pour les faire porter sur les bords de la virole.

(2) Nous utilisons une certaine partie des viroles retirées en les repassant au feu et sur le tour, lorsqu'elles peuvent conserver deux millimètres et quart d'épaisseur après cette double opération.

magne, pour l'enlèvement des viroles, par M. d'Erlach, Ingénieur du matériel du chemin de fer de Zurich à Baden.

Cet appareil, que nous avons exécuté dans les ateliers de la Compagnie, fonctionne avec d'assez grands avantages pour que nous pensions devoir le décrire.

Il se compose de :

A, plaque à tubes (voyez fig. 5-6) ;

B, tube ;

C, virole ;

DD, boulon en deux parties maintenues en place au moyen de l'ergot *e* venant prendre sa place en glissant le long de la rainure *ee'*.

La tête T, formée par la réunion des deux parties du boulon, présente la forme spéciale qu'indique le dessin. Les saillies elliptiques de cette tête sont convenablement déterminées pour s'appuyer sur les bords intérieurs de la virole à enlever.

G, bague d'une hauteur telle que la virole puisse se dégager entièrement sans venir buter contre la rondelle H, sur laquelle se fait la pression de l'écrou I.

Pour faire fonctionner l'appareil, on introduit, à travers la virole à enlever et à une distance convenable, la partie D' du boulon sur laquelle est fixé un fil de fer F passant à travers un petit trou coudé dans la partie D ; on introduit ensuite cette seconde partie D ; puis au moyen du fil de fer F, on ramène la partie D' jusqu'à ce que l'ergot *e* rentre dans son logement. Cela fait, il n'y a plus qu'à mettre successivement la bague C, la rondelle H et l'écrou I, sur lequel vient agir une clef d'une longueur convenable. Pour éviter qu'un usage fréquent ne déforme trop promptement les arêtes qui saisissent la virole, nous avons trempé en paquet la tête T.

Il est bien entendu qu'un même appareil ne peut s'appliquer qu'à un nombre restreint de diamètres de viroles.

La méthode de M. d'Erlach, comme il est facile de s'en rendre compte, conserve parfaitement intacts les joints des viroles voisines.

Une fois que les viroles sont retirées par l'un des trois moyens que nous venons d'indiquer, on procède à l'enlèvement des tubes.

Lorsque, dans le matériel d'un chemin, il entre des machines à longues chaudières où l'on rencontre un diaphragme au milieu du corps cylindrique, il pourra arriver, dans le démontage des tubes, si les trous de ce diaphragme n'ont pas été percés avec un diamètre assez grand, que l'extrémité du côté de la boîte à feu ne passe à travers ces trous qu'avec les plus grandes difficultés. Cet inconvénient se présentera tout aussi bien pour les trous de la plaque tubulaire de la boîte à fumée, si l'on n'a pas adopté une relation convenable entre les diamètres de ces trous et celui des tubes.

Voici la règle que nous suivons dans nos réparations avec l'emploi de tubes de $0^m,050$ de diamètre extérieur pour tout le matériel :

Diamètre des trous de la plaque tubulaire de la boîte à feu..... $0^m,048,5$

Diamètre des trous du diaphragme intermédiaire. 0 055

Diamètre des trous de la plaque tubulaire de la boîte à fumée..... 0 052 (1)

Avec ces dimensions relatives, applicables surtout aux chemins qui emploient pour l'alimentation de leurs machines des eaux calcaires, nous engageons les Ingénieurs qui étudient des projets de locomotives, à ne pas descendre au-dessous de l'entraxe de tubes de 63 millimètres dans les machines de 125 à 150 tubes, afin, d'une part, de conserver aux entre-deux des trous une épaisseur minima de $0^m,011$ dans la plaque tubulaire en fer, et d'autre part, d'avoir un intervalle convenable entre les tubes, pour que, dans les mouvements tumultueux de l'ébullition,

(1) Pour le réalésage sur place des trous de la boîte à fumée qui ne présentent pas le diamètre de $0^m,052$, nous employons avec succès la fraise à lame fig. 7-8. Le ressort à boudin est destiné à empêcher la lame de s'engager trop à la fois ; il est d'ailleurs soutenu par un tube intérieur qui s'oppose à sa déformation sous la pression.

l'eau ne cesse jamais de les entourer complétement. Dans les machines à grande vitesse, système Crampton, qui portent 178 tubes de $0^m,051$ de diamètre extérieur, l'entr'axe des trous des plaques tubulaires est de $0^m,066$.

Les cotes que nous venons d'indiquer comme devant être employées dans nos réparations amènent non-seulement une grande simplification dans les approvisionnements et dans les travaux, mais elles conduisent encore à une amélioration notable des conditions de la combustion et de la vaporisation.

En effet, la plupart de nos tubes n'avaient dans le principe que 48 millimètres à $48^{mm},5$ de diamètre extérieur, et 2 millimètres 1/2 d'épaisseur; ils étaient fixés au moyen de viroles de 4 millimètres et même de 5 millimètres d'épaisseur. Avec les tubes de 50 millimètres et la virole de 2 millimètres 1/2 d'épaisseur, nous obtenons une augmentation de près de $2^m,125$ pour la surface de chauffe, et 2 décimètres quarrés pour la section de passage de l'air chaud. Cette dernière condition s'améliorera certainement encore quand la virole de 2 millimètres aura remplacé celle de 2 millimètres 1/2, jusqu'à ce qu'enfin on parvienne à fixer les tubes sans viroles, avec toutes les garanties suffisantes.

Revenons au démontage des tubes. Lorsque les difficultés dont nous avons parlé se présentent, on est obligé de festonner en forme de trèfle, avec un burin *ad hoc*, l'extrémité des tubes dans le foyer, de manière à en réduire convenablement le diamètre. Ce procédé oblige à une surveillance efficace pour éviter que des ouvriers négligents n'altèrent les surfaces des trous, qu'il importe à un si haut degré, comme nous le verrons plus loin, de conserver dans le plus parfait poli. Cette surveillance est d'ailleurs très-facile à exercer, puisque l'ouvrier laisse toujours derrière lui les preuves matérielles du défaut de soins qu'il aurait apporté dans le travail.

Le trèflage terminé, avec un mandrin chasse-tube, on fait avancer les tubes à enlever de quelques centimètres dans la boîte à fumée, de manière à pouvoir les saisir avec un cordage s'en-

veloppant sur un rouleau assez long pour s'appuyer sur les deux côtés de la boîte à fumée. Ce rouleau présente, à ses extrémités, des mortaises recevant des leviers en fer manœuvrés par deux aides, et forme ainsi un véritable treuil; il repose d'ailleurs sur des blocs de bois d'épaisseur variable, pour agir toujours dans la direction des tubes à enlever.

La manœuvre du treuil ainsi formé est dirigée par un chef d'équipe qui, tout en réglant le travail, a le soin d'imprimer au tube en démontage des mouvements de droite, de gauche et de haut en bas, pour détacher à chaque instant les tartres qui pourraient s'opposer à la sortie.

C'est ici le cas de dire quelques mots d'un moyen que nous avons quelquefois employé et qu'on retrouve encore en vigueur dans certains ateliers. Il consiste à attacher le tube à retirer, au moyen d'un long cordage, à un wagon que l'on charge parfois de matériaux pour en augmenter l'inertie propre. Le wagon est approché de la machine, puis lancé vigoureusement sur la voie jusqu'à ce que la corde, en se tendant subitement, fasse avancer le tube d'une certaine quantité. Il arrive cependant assez souvent qu'il est rompu ou enlevé d'un seul coup. Cette méthode, contre laquelle nous nous élevons, présente les inconvénients d'être lente, onéreuse et, par-dessus tout, d'ébranler sérieusement la chaudronnerie en compromettant la résistance des entre-deux des trous.

§ 2. — Montage des tubes.

Le montage des tubes est la partie la plus délicate des opérations confiées à l'atelier des tubes, et ne saurait être fait avec trop de soin et de précautions pour assurer aux assemblages la plus grande durée possible. Il importe au plus haut degré que les trous des plaques tubulaires soient parfaitement alésés et mandrinés de manière à présenter toujours des surfaces d'application parfaitement régulières et surtout parfaitement unies. Nous attachons encore une importance plus grande à la parfaite

régularité des surfaces intérieures et extérieures des tubes à l'endroit de leur assemblage avec les plaques. Le moindre défaut dans ces surfaces donne des joints moins étanches, déforme les trous des plaques, et conduit inévitablement au remplacement prématuré et des tubes et des plaques tubulaires elles-mêmes (1).

C'est encore dans le but d'arriver à cette parfaite régularité des surfaces des joints que les trous des plaques sont toujours mandrinés avant la pose des tubes, en prenant la précaution, lorsque ces plaques sont dégarnies de leurs tubes, de placer six mandrins dans les trous contigus à celui en mandrinage, afin d'éviter que les entre-deux ne cèdent sous la pression et ne rendent ovales les trous dégarnis. Ces mandrins sont successivement déplacés pour suivre l'opération du mandrinage.

Tous nos mandrins, qui portent une tête à talon afin de n'être pas obligé de frapper dessus et dessous pour les retirer, sont coniques et présentent, ainsi que la virole, exactement la même conicité. L'inclinaison adoptée est celle d'un quarantième. L'égalité d'inclinaison dans les mandrins et les viroles a surtout pour but d'obtenir la plus forte adhérence possible dans l'assemblage des tubes avec la plaque tubulaire; la conicité, d'ailleurs, en même temps qu'elle concourt à l'efficacité du joint, rend le travail du mandrinage plus facile, et tend à assurer davantage aux tubes le rôle d'entretoises entre les deux plaques tubulaires.

Après avoir pris toutes les précautions que nous venons d'énumérer, nous procédons à la mise en place provisoire des tubes, afin de déterminer, pour chacun d'eux, la longueur exacte qui lui convient, en partant de cette condition qu'il doit dépasser les plaques de 2 millimètres à chaque extrémité. Tous les tubes, coupés définitivement de longueur, sont recuits avec soin

(1) Le remplacement d'une plaque tubulaire ne peut pas être évalué à moins de 1,800 à 1,900 fr., dans l'hypothèse, toutefois, qu'il coïncide avec une grande réparation de la machine, sans quoi il faudrait compter sur une dépense d'environ 2,400 à 2,800 fr.

à leurs extrémités dans un petit four *ad hoc*, afin qu'il soit possible de retreindre, emboutir et mandriner ces extrémités sans aucun danger d'altération. Dans le recuisage, nous prenons le soin d'enduire d'un peu de suif ou de graisse les parties exposées au feu, afin d'égaliser la température, d'éviter les coups de feu et par suite les déchirures lors de la pose de la virole.

Dans le tube définitivement monté en place et mandriné, on chasse les deux viroles choisies, de telle sorte qu'à la main elles pénètrent au plus d'un tiers de leur longueur. Elles sont ensuite chassées à fond au moyen d'un chasse-virole, en évitant de frapper directement sur la virole elle-même.

S'il arrive que des trous de la plaque tubulaire de la boîte à feu soient devenus d'un diamètre plus grand ou au moins égal à celui de la plaque de la boîte à fumée, et qu'en outre la forme de ces trous s'écarte de la forme circulaire, nous plaçons, entre le tube et la plaque, une bague en cuivre rouge à laquelle on donne, par ajustement à la lime, la forme exacte du trou agrandi. Cette bague mise en place est ensuite mandrinée comme s'il s'agissait de la plaque elle-même, et le tube monté avec les précautions d'usage.

Un grand nombre de trous ramenés aux dimensions normales par l'application de bagues, fonctionnent depuis près d'un an sans qu'ils aient donné lieu au moindre inconvénient.

Il est aisé de comprendre le double but qu'on se propose en rétrécissant ainsi les trous de la plaque tubulaire de la boîte à feu. D'une part, on est dispensé de trop emboutir l'extrémité des tubes de ce côté, et, de l'autre, le démontage ultérieur s'opère sans difficulté.

Les soins que nous prenons dans le montage des tubes sont à la fois le résultat d'observations recueillies directement sur les machines et d'expériences faites sur l'adhérence des tubes dans différentes conditions de montage.

Ces expériences sur l'adhérence des tubes offrent d'ailleurs assez d'intérêt pour que nous croyions devoir en donner un résumé.

Nous avons monté avec tout le soin possible, dans deux plaques tubulaires, l'une en cuivre de 22 millimètres d'épaisseur, l'autre en fer de 15 millimètres, des tubes de 50 millimètres de diamètre et 2 millimètres d'épaisseur, parfaitement cylindrés à l'intérieur et à l'extérieur. Nous avons, après mandrinage, fixé ces tubes avec des viroles de 30 millimètres de longueur, 2 millimètres 1/4 à 2 millimètres 1/2 d'épaisseur, tournées sur une inclinaison d'un quarantième. Les viroles pénétraient à la main jusqu'à un tiers au plus de leur longueur et étaient chassées au chasse-virole avec toutes les précautions voulues.

Les assemblages ainsi obtenus ont été soumis à l'action d'une presse hydraulique agissant pour écarter les plaques tubulaires, absolument comme pourrait le faire l'action de la vapeur dans la chaudière.

Nous avons constaté que pour faire marcher les assemblages il faut un effort d'au moins 4,500 kilogrammes, et qu'en général les assemblages résistent jusqu'à la rupture du tube, alors que la presse hydraulique marque de 5,300 à 6,000 kilog.

Quand, au contraire, avec toutes les précautions indiquées, nous avons employé des viroles présentant un léger renflement de 1/4 à 1/2 millimètre vers l'entrée, l'adhérence n'est pas allée au-delà de 4,000 kilogrammes, et est descendue assez souvent jusqu'à 2,800 kilogrammes. Si la virole est cylindrique, cette adhérence reste comprise entre 4,200 et 3,500 kilogrammes (1).

Un tube, des dimensions indiquées ci-dessus, posé et mandriné comme nous l'avons dit, mais non garni de viroles, glisse assez souvent dans les plaques sous l'effort de 1,300 kilogrammes, et ce n'est qu'accidentellement qu'il résiste jusqu'à 2,000 kilogrammes.

Des tubes fixés alternativement : 1° avec des viroles en acier enroulées (viroles Lemaître) ; 2° avec des viroles en tôle embou-

(1) Dans le plus grand nombre de cas, le glissement a commencé dans la plaque en cuivre. Il est probable qu'avec des plaques en cuivre de 25 millimètres, telles que nous les employons maintenant, le glissement aurait eu lieu indifféremment dans l'une ou l'autre des deux plaques.

tie (viroles Hemerdinger); 3° avec des viroles de nos ateliers, en fer soudé et tourné, et soumis aux mêmes essais, n'ont indiqué aucune différence sensible dans la solidité des joints avec les plaques tubulaires.

Dans toutes nos expériences, aucun des tubes n'était rabattu sur les plaques, et les viroles étaient sans rebord. Les chiffres que nous donnons sont plutôt comparatifs qu'absolus, attendu que nous avons généralement négligé les frottements des appareils. Nous nous proposons seulement d'établir la supériorité des assemblages coniques sur les anciens assemblages avec mandrinage conique et viroles cylindriques ou avec renflement vers l'entrée.

§ 3. — Réparation des Tubes.

Tous les tubes à réparer sont remis en compte aux entrepreneurs et classés dans le parc dont il a été parlé dans le chapitre premier. La première opération qu'on leur fait subir est le décapage; pour cela, on les plonge dans l'auge I, contenant un mélange formé de vingt parties d'eau et d'une partie d'acide chlorhydrique du commerce (1); on laisse macérer pendant 12 à 18 heures, selon le degré de concentration du bain, et l'on rince ensuite à grande eau dans l'auge I' alimentée par un robinet branché sur les conduites d'eau des ateliers. Pour compléter le nettoyage et donner aux tubes décapés l'aspect de tubes neufs, on plonge pendant quelques secondes chaque tube rincé dans une petite auge contenant de l'acide non étendu; l'on rince de nouveau en frottant avec un linge imprégné de sable; le tube est alors aussi brillant que quand il sort de l'usine.

Pour éviter toute cause d'oxidation, et aussi pour ne pas incommoder les ouvriers soudeurs par les vapeurs acides qui se dégagent pendant l'opération du soudage, nous pre-

(1) Nous employons l'acide au prix de 9 fr. 50 c. les 100 kilogrammes, qui renferme environ 34.5 p. 0/0 d'acide anhydre.

nons la précaution, avant de rentrer les tubes dans l'atelier, de les faire sécher complétement en les posant debout, pendant quelques instants, au-dessus du fourneau K chargé avec du menu coke. Nous avons tout récemment construit au-dessus de ce fourneau une enveloppe en tôle formant cheminée de la hauteur des tubes, avec une porte sur l'un des côtés, afin d'obtenir une dessiccation qui ne laisse rien à désirer et qui soit aussi économique que possible.

Il est bien entendu que le bain de décapage est rechargé en acide à chaque opération, jusqu'à ce que les sédiments soient assez abondants pour exiger un nettoyage de la cuve. Avant de vider, on a la précaution de jeter quelques pelletées de calcaire pour neutraliser les eaux-mères avant de les abandonner dans les égouts. Les tubes décapés et séchés sont rentrés dans l'atelier; pour éviter tous les frais de transport, on les passe par l'une des fenêtres indiquées au plan d'ensemble.

Le décapage à l'acide chlorhydrique est sans action nuisible sur les tubes : au point de vue pratique, il n'y a pas lieu de s'en préoccuper (1).

Avant l'application du décapage à l'acide, les tubes étaient grattés à la main. Le grattage présentait l'inconvénient de ne nettoyer qu'imparfaitement l'extérieur et de ne rien enlever à l'intérieur. Le décapage à l'acide enlève moyennement un poids de tartre compris entre $0^k,150$ et $0^k,170$ par mètre courant de tubes de $0^m,050$ de diamètre : ces chiffres se divisent, à très-peu de chose près, par moitié entre l'intérieur et l'extérieur des tubes. Ainsi, dans ces conditions, le grattage laisserait à l'intérieur des tubes 50 p. 0/0 du poids total du tartre, en supposant qu'il enlevât complétement ce qui est à l'extérieur.

Il est vrai de dire que le tartre intérieur n'est pas de même

(1) 20 tubes neufs pesant ensemble 221 kilogrammes n'ont indiqué aucune différence de poids après une immersion de 18 heures dans un bain fraichement préparé. Le cuivre que l'on trouve dans les eaux-mères de décapage des vieux tubes provient de la dissolution des sels de cuivre adhérents à l'intérieur des tubes.

nature que le tartre extérieur, mais il ne s'oppose pas moins à la transmission de la chaleur, et il cache surtout les défauts qui pourraient entraîner une mise au rebut ou exiger une réparation.

Les tubes parfaitement décapés sont examinés avec soin. Ceux qui sont reconnus irréparables sont mis de côté; ceux qui sont reconnus propres au service sont classés en deux catégories de réparations différentes :

1° Réparation par suite de déchirement ou de maculage des extrémités;

2° Réparation par suite de défauts ou de ruptures.

Dans les deux cas, on commence par recéper les mauvais bouts à la scie circulaire (1); puis chaque tube est redressé convenablement sur le poteau F. On fait également revenir au marteau et au mandrin toutes les bosses et les enfoncements.

Nous avons adopté, pour le premier mode de réparation, une série de longueurs d'affranchissement, afin de ne pas trop multiplier les combinaisons du raboutissage (2) qui résulteraient des différences de diamètre et de longueur de recépage.

Pour le second cas, on conçoit parfaitement que le raboutissage devra être fait, pour chaque tube, sur mesure, les défauts ou ruptures pouvant se déclarer à un point quelconque de la longueur.

Après le recépage, tous les tubes sont soumis à un premier essai de pression à 20 atmosphères, au moyen de la presse hydraulique indiquée en B. Cet essai a surtout pour but de mettre à nu les défauts qu'un examen attentif n'aurait pas fait découvrir, et qui pourraient entraîner la mise au rebut (3).

(1) Il arrive cependant que l'on est quelquefois obligé de recéper les mauvais bouts de tubes avant le décapage; c'est lorsque ces bouts sont tellement refermés par le tréflage que le tartre intérieur aurait trop de peine à sortir, ou bien encore lorsque la virole reste adhérente au tube.

(2) On appelle *raboutissage* l'opération qui consiste à souder un bout au tube récépé, pour le ramener à sa longueur primitive.

(3) Les tubes mis successivement au rebut sont examinés en fin de mois, et ne sont écrasés, pour vieilles matières, qu'après un examen attentif auquel assiste l'Ingénieur des ateliers.

Si le tube est trouvé bon à réparer, on commence par arrondir l'extrémité qu'il convient de raboutir, en la forçant sur un mandrin, puis on soumet cette extrémité ainsi mandrinée à l'action de la fraise, fig. 15-16, montée sur le tour C.

Un support spécial à pivot, monté lui-même sur un levier articulé, fig. 10, permet de soutenir et guider le tube tout en le poussant sur la fraise et en lui imprimant de temps en temps un mouvement de recul pour dégager les copeaux provenant du travail. Un anneau terminant une corde fixée au plancher convient parfaitement pour soutenir l'extrémité libre du tube.

L'inclinaison des fraises employées est de 1/8; elle donne en moyenne, pour nos tubes de 0m,002 d'épaisseur, une longueur de pénétration de 0m,016 des deux parties en contact. Les bouts de raboutissage, pris généralement dans les tubes à réparer, de 0m,050 de diamètre et conservant au moins un millimètre et demi d'épaisseur, sont préparés d'avance sur le même support, mais avec la fraise fig. 13-14, qui présente exactement la même inclinaison que celle fig. 15-16. Les mêmes précautions de mandrinage préalable sont prises pour les bouts de raboutissage comme pour les tubes à raboutir. La collerette A, figure 21 est obtenue au moyen de matrices spéciales.

Les bouts de raboutissage sont classés méthodiquement dans des étagères en attendant leur emploi.

Avant le montage des deux parties à souder, il est indispensable de rafraîchir les coupes des fraises mécaniques au moyen de deux ou trois tours de fraises à main (1), pour que la soudure prenne sans difficulté sur les parties en contact. Il est bon aussi de donner un léger coup de lime sur l'extrémité du tube un peu au-dessus de la pénétration pour permettre à la soudure d'adhérer extérieurement en augmentant la solidité de l'opération.

Le sens de la croisure n'est pas indifférent; il se déduit de ce

(1) Ces fraises à main sont des fraises taillées au lieu de fraises à lames, elles sont construites avec autant de légèreté que possible et terminées par une béquille, pour en faciliter la manœuvre.

que nous avons dit en commençant sur l'inégalité de l'usure des tubes. Il importe, en effet, pour tirer le meilleur parti possible de ces tubes, de chercher à rétablir l'égalité d'usure en plaçant, du côté de la boîte à fumée, l'extrémité qui était, avant la réparation, du côté de la boîte à feu. Or, il faut conclure de là que, pour que les petites bavures que laissent quelquefois les bords de la croisure, aient le moins d'influence possible sur le tirage, il convient de faire pénétrer le tube dans le bout de raboutissage.

Pour fixer le bout du raboutissage dans la position rigoureuse qui lui convient pour le soudage, on fait usage d'une tringle, *fig.* 9, que l'on passe dans le tube et qui maintient les deux parties en contact au moyen de deux rondelles échancrées, d'un écrou à manche et d'un ressort à boudin d'une élasticité convenable. Le ressort à boudin est indispensable pour que la dilatation du tube, pendant l'opération du soudage, n'ait pas pour effet ou de trop presser sur la croisure des deux parties, ou bien encore d'emboutir le tube dans le voisinage de la soudure quand l'emmanchement résiste.

Nous avons toujours le soin de couvrir avec de la terre glaise la soudure longitudinale de construction du tube, au-dessus et au-dessous du raboutissage, pour éviter que cette soudure n'entre de nouveau en fusion pendant l'opération.

Toutes ces précautions prises, on saisit le tube au moyen d'une tenaille à deux branches, *fig.* 19-20. A chacune des branches on attache une petite chaînette allant rejoindre une corde passant sur une poulie fixée au plancher. Cette corde elle-même s'enroule sur un treuil horizontal destiné à manœuvrer le tube et à l'amener dans la position indiquée par la *fig.* 22.

L'appareil à souder que nous employons *fig.* 2, 3 et 4, est un véritable chalumeau industriel prenant le vent dans les galeries du ventilateur des forges, où la pression varie entre 12 et 14 centimètres d'eau. Le combustible employé est le menu coke neuf.

Pour présenter successivement à l'action de la flamme tout

le pourtour de la soudure, on fait usage d'une tenaille à trois branches, *fig.* 17-18, avec laquelle on imprime facilement au tube le mouvement de rotation qui convient. Les branches des tenailles sont garnies de corde, de manière à éviter que l'ouvrier se brûle les mains dans la manœuvre. C'est encore dans le but de mieux régulariser la chaude, qu'on applique devant l'ouverture A' un demi-cylindre en terre réfractaire dans lequel la flamme tourbillonne avant de s'élever.

Quand les tubes sont soudés, il est indispensable d'ébarber la soudure. Cet ébarbage, que nous avons fait pendant un certain temps à la lime, se fait aujourd'hui mécaniquement au moyen de la fraise, *fig.* 11-12.

Nous avons trouvé dans l'emploi des fraises pour cette opération, une économie très-notable de temps et de limes. Le travail de la fraise est d'ailleurs incomparablement supérieur à celui de la lime.

Avec l'emploi de la fraise, *fig.* 11-12, le tube est tenu par l'ouvrier perpendiculairement au tour et dans une position inclinée vers le sol. La forme de la fraise n'est pas indifférente ; l'expérience nous a fait reconnaître que c'est la forme sphérique qu'il convient d'adopter.

Pour servir de support au tube, et pour éviter qu'il soit entraîné par le mouvement de la fraise, l'ouvrier le pose sur la partie méplate d'un cylindre A, excentré par rapport à l'axe de la fraise et monté fou sur cet axe. Le tube peut glisser dans tous les sens sur ce support et présenter successivement à l'action de l'outil tous les points de la soudure à ébarber.

Avant l'ébarbage, il est important de faire rentrer, au marteau, les parties du tube voisines de la soudure qui pourraient être atteintes par l'action de la fraise. Après l'ébarbage, les tubes sont redressés une deuxième fois, s'il est nécessaire, et de nouveau essayés à 20 atmosphères, avant l'expédition au magasin.

CHAPITRE III.

MODÉ DE COMPTABILITÉ.

Nous avons déjà eu occasion de faire voir dans notre mémoire sur l'entretien des roues, déjà cité, que la comptabilité d'un atelier organisé sur le principe du marchandage par association peut se simplifier considérablement. Nous retrouvons cette simplicité dans la comptabilité de l'atelier des tubes.

En effet :

Un rôle de journées ;

Un attachement de travaux, modèle n° 1 ;

Une main-courante d'entrée et de sortie des matières ;

Un carnet de mouvement des tubes, modèle n° 2, pour la tenue duquel l'unité adoptée est le mètre linéaire ;

Un état de paie, modèle n° 5 de notre mémoire sur les roues,

Composent l'ensemble des écritures spéciales de l'atelier des tubes.

Le dépouillement de ces écritures se fait à la comptabilité centrale, sur trois comptes généraux :

1° Réparation des machines ;

2° Réparation des tubes à air chaud ;

3° Renouvellement des tubes.

Dans le premier compte, on porte immédiatement au débit de chaque machine toute la main-d'œuvre pour montage et démontage des tubes et viroles ;

Dans le second compte, on porte au débit de la réparation des tubes toutes les matières et main-d'œuvre, tel qu'il résulte de l'attachement et de la main-courante ; et au crédit de cette réparation, le produit des amendes infligées aux entrepreneurs pour malfaçon, etc., ainsi que les matières qui pourraient être rendues au magasin, *les vieux tubes exceptés*.

La balance est portée, en fin de semestre, au compte *entretien des machines*.

Dans le troisième compte, on porte au débit toutes les acquisitions de tubes neufs ; au crédit, toutes les rentrées pour vente des vieux tubes, etc.

CHEMIN DE FER DU NORD.

Division du Matériel.

ATELIERS.

ATTACHEMENT des Travaux de l'entreprise des Tubes

Pendant la quinzaine d 185 .

DATES.	DÉSIGNATION DES COMPTES DÉBITEURS.	NOMBRE DE TUBES raboutis.	NOMBRE DE TUBES démontés y compris LA VIROLE.	NOMBRE DE TUBES montés y compris LA VIROLE.	NOMBRE DE VIROLES posées, y compris le démontage de la mauvaise virole.	TRAVAUX EN DEHORS DU MARCHÉ.		TOTAUX PAR LIGNES.
		fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.			fr. c.
»	Prix de l'unité.....	0 75	0 55	0 55	0 25			
»								
1	Réparation des tubes.....	» 40	»	»	»	» »	» »	30 00
»	Machine n° 54.....	»	» 1 5	»	»	» »	» »	68 75
»	Machine n° 201.....	»	»	» 50	»	» »	» »	27 50
2	Réparation des tubes.....	» 25	»	»	»	» »	» »	18 75
»	Machine n° 20.....	»	» 40	»	» 100	» »	» »	47 00
»	Machine n° 201.....	»	»	» 75	»	» »	» »	25
		65	165	125	100			233 25
	TOTAUX.....	48 75	90 75	69 75	25 »	» »	» »	
		48 75	184 50					
			233 25					

Modèle N° 1.

VU ET VÉRIFIÉ :
Le Contrôleur des Attachements,

Le présent Attachement dressé et certifié par le Comptable soussigné.
La Chapelle, le 185

CHEMIN DE FER DU NORD.

Division du Matériel.

ATELIERS.

CARNET DU

Pendant le

DÉBIT.

DATES.	DÉSIGNATION DES TUBES.				DIMENSIONS. DIAMÈTRE.	DIMENSIONS. LONGUEUR.	PRODUIT EN MÈTRES linéaires.
	RESTE A L'INVENTAIRE SAVOIR :						
Oct. 1er	40 Tubes à réparer, etc	3m,80	0m,050	152m,00			
	50 *Idem*.....	4 04	0 051	202 00			
	77 *Idem*.....	3 84	0 051	295 68			
	80 *Idem*.....	2 60	0 044	208 00			
	110 Bouts de tubes pour raboutissage	0 25	0 049	27 50			
	40 *Idem*.....	0 20	0 050	8 00			
	29 *Idem*.....	0 15	0 051	4 35			
	TOTAL.....			897m,53	....	....	897m,53
	ENTRÉES DU MOIS.						
Oct. 7	45 Tubes à réparer, venant de l'économat.....				0m,050	3m,80	171 00
7	79 *Idem* *Idem* du montage.....				4 044	2 60	205 40
14	121 *Idem* *Idem* de l'économat.....				0 050	3 80	456 00
21	40 *Idem* *Idem* de l'économat				0 050	3 84	80 64
29	17 *Idem* *Idem* du dépôt de Paris				0 051	4 04	68 68
31	10 *Idem* *Idem* du dépôt de Paris..... . . .				0 049	2 84	28 40
				TOTAL GÉNÉRAL.....			1,907 65

Modèle N.° 2.

MOUVEMENT DES TUBES

mois d *185*

CRÉDIT.

DATES.	DÉSIGNATION DES TUBES.	QUANTITÉS.	DIMENSIONS DIAMÈTRE.	DIMENSIONS LONGUEUR.	PRODUIT EN MÈTRES linéaires.
	LIVRAISONS DU MOIS.				
Oct. 5	Tubes réparés, essayés, reçus et livrés..... à l'économat	2	0m,044	2m,60	5m,20
5	*Idem* *Idem* au dépôt de Paris....	1	0 050	3 84	3 84
13	*Idem* *Idem* au montag. des machin.	10	0 050	3 84	38 40
13	*Idem* *Idem* à l'économat.....	22	0 049	3 84	84 48
23	*Idem* *Idem* à l'économat.....	10	0 051	04	40 40
23	*Idem* *Idem* à l'économat.....	100	0 050	84	384 00
27	*Idem* *Idem* à l'économat.....	97	0 050	3 84	372 48
31	*Idem* *Idem* à l'économat.....	50	0 051	4 04	202 00
	TOTAL..	.....	.....	.....	1,130 80
	Tolér. pour pénétr. des bouts de raboutis. sur 292 tubes.	292	.....	0 02	5 84
	Bouts livrés aux vieilles matières.....				5 02
	INVANTAIRE reporté au mois suivant.....				705 65
	DÉCHET pour balance.....				0 34
	TOTAL GÉNÉRAL.....				1,907 65

La présente Balance dressée et certifiée par le Comptable soussigné.

la Chapelle, le 185

VU ET VÉRIFIÉ :

Le Contrôleur aux attachements.

La balance est portée, en fin de semestre, au compte *Entretien des machines.*

Le montant des deux balances, compte Réparation et compte Renouvellement des tubes, est en dernier lieu réparti par machine, proportionnellement au nombre de kilomètres parcourus.

On voit que nous ne faisons pas supporter de dépréciation aux tubes maintenus en service. Cette méthode, qui n'offre aucun inconvénient, présente au contraire l'avantage de simplifier notablement la tenue des écritures générales.

CHAPITRE IV.

APPROVISIONNEMENTS.

Nous avons dit, à propos du démontage des tubes, que la Compagnie avait adopté le diamètre extérieur de 50 millimètres pour les tubes de toutes ses machines. Cette mesure importante à laquelle il a été possible de satisfaire, en réalisant les trous des plaques tubulaires de la boîte à fumée d'un certain nombre de machines, présente les avantages incontestables suivants : augmentation de la surface de chauffe ; meilleures conditions pour la combustion ; simplification dans les travaux de réparation et diminution notable des quantités en approvisionnement.

Sous le régime de la multiplicité des diamètres (1) l'approvisionnement permanent des magasins s'établissait comme suit, en 1849 :

4,400 tubes, représentant un poids total de 46,000 kilogrammes.....	117,300 fr.	00
30,000 viroles.....	10,400	00
Ce qui porte les approvisionnements en tubes et viroles à.....	127,700	00

Par suite de la mesure adoptée, les approvisionnements s'abaisseront de moitié et représenteront une somme de 63,850 fr.

Il en résultera un boni annuel sur les intérêts des capitaux en magasin, s'élevant en chiffres ronds à la somme de 3,200 fr., dont l'annuité représente l'acquisition d'une locomotive de 40,000 fr., après un temps un peu moindre que dix ans.

Nous avons dit ailleurs que tous nos tubes étaient en laiton

(1) Les diamètres étaient, autrefois, 43.5, 46, 48.5, 49 et 50.

et de 2 millimètres d'épaisseur ; leur composition s'établit à peu près comme suit, en chiffres ronds :

70 p. 0/0 de cuivre et 30 p. 0/0 de zinc.

Pour arriver à cette composition on met environ dans les creusets :

67 p. 0/0 de cuivre et 33 p. 0/0 de zinc.

Ces tubes sont formés de bandes soudées longitudinalement ; la soudure se fait par l'intérieur, et la croisure des pinces, mesurée sur le biseau, n'a pas moins de 6 millimètres. C'est, comme on le voit, et en suivant la règle généralement admise, une croisure égale à trois fois l'épaisseur.

Lors de l'entrée en magasin de tubes neufs livrés à la Compagnie par les fournisseurs, il est fait une vérification minutieuse de chacun d'eux, et tous doivent satisfaire aux conditions suivantes imposées aux fournisseurs :

1° Résister à une pression intérieure de 20 atmosphères à la presse hydraulique, sans qu'il se manifeste aucun suintement sur les soudures ;

2° Forme cylindrique parfaite à l'extérieur et à l'intérieur, et sans aucune apparence de soudure, aux extrémités sur une longueur de 6 à 8 centimètres ;

3° Diamètre rigoureux de 50 millimètres vérifié au moyen d'une bague ;

4° Epaisseur régulière de 2 millimètres, correspondant au poids approximatif de $3^{k},09$ par mètre courant ;

5° Croisure des pinces de 6 millimètres au moins mesurée sur le biseau ;

6° Enfin, les tubes ne doivent pas être étirés à la bague, mais arrondis au laminoir. Le laminage offre les avantages de refouler et écrouir le métal, tandis que l'étirage, au moyen de bagues, énerve les tubes en les criquant.

Les approvisionnements de viroles se font sur la longueur uniforme de 30 millimètres. Les diamètres extérieurs sont échelonnés de 1/2 millimètre en 1/2 millimètre. L'épaisseur est con-

stante et égale à 2 millimètres 1/2 au plus. Toutes les viroles doivent être rigoureusement coniques à l'extérieur, sauf un léger arrondi sur 3 millimètres de longueur au maximum pour faciliter l'entrée et éviter de déchirer les tubes. A l'intérieur et du côté de la base du cône nous avons quelquefois exigé un chanfrein à 45 degrés sur le tiers environ de l'épaisseur pour faciliter le passage de l'air chaud et éviter les contractions.

Nos viroles sont tantôt tirées de la maison Hemerdinger (viroles en tôle embouties et découpées) ; tantôt de la maison Lemaître (viroles mécaniques assemblées en acier corroyé) ; et enfin, de nos propres ateliers (viroles en fer soudées et tournées).

CHAPITRE V.

PRIX DE REVIENT.

§ 1er. — Prix de revient, dans les ateliers de la Compagnie, des viroles en fer, soudées et tournées de 0m,046 de diamètre extérieur.

Pour 100 Viroles.

Matières. . . .	Fer 30/4, 14 kil. à 0 f. 47.		6 fr.	58
Combustible. . .	Charbon de forge 15 kil. à 0 f. 029.		0	44
Main-d'œuvre. .	Marchandage, forges. . . . . 8 fr.	15 fr. »	22	50
	Marchandage, tour. 7			
Frais généraux.	50 p. 0/0 de la main-d'œuvre. 7 50			
	Total pour 100 viroles. . . .		29	52
Le prix de revient d'une viroie sera $\frac{29\text{ f. }52}{100}$ ou approximativement.			0	30

§ 2. — Prix de revient de la pose d'une virole.

Main-d'œuvre. .	Démontage de l'ancienne virole et pose de la nouvelle	0 fr. 25	0 fr. 38
Frais généraux.	50 p. 0/0 de la main-d'œuvre.	0 13	

Ce prix de revient se ressent naturellement de l'obligation, pour les entrepreneurs, de poser tel nombre de viroles qu'il se présente sur une machine, depuis une seule jusqu'à une garniture complète.

§ 3. — Prix de revient de la réparation d'un tube.

Matières. . . .	Acide chlorhydrique pour le décapage.	0f. 04	1 fr. 58
	Bout de tube pour le raboutissage, 0 k.59×25 f.5.	1 50	
	Soudure forte et borax.	0 04	
Combustible. . .	Menu coke.		0 01
	A reporter.		1 59

	Report. . .		1 fr.	59
Main-d'œuvre. .	Décapage, recépage, fraisage des bouts, soudage et essai.	0 fr. 75	1	13
Frais généraux.	50 p. 0/0 de la main-d'œuvre.	0 38		
	Total.		2	72
A déduire. . . .	Rognures provenant du recépage 0 k. 59 × 1 f. 55. .		0.	91
	Reste, pour prix de revient de la réparation d'un tube.		1	81

§ 4. — Prix de revient de la pose d'un tube.

Main-d'œuvre. .	Démontage du tube à remplacer.	0 fr. 55	1 fr. 10	1 fr. 65
	Montage du tube remplaçant . .	0 55		
Frais généraux.	50 p. 0/0 de la main-d'œuvre.	0 55		

§ 5. — Prix de revient du remplacement d'un tube, réparation comprise.

Matières. . . .	2 viroles neuves (prix moyen d'acquisition).	0 f. 66	0 fr.	66
	Dépréciation sur le tube remplacé. .	Pour mémoire.		
Combustible. . .	Recuisage du tube aux deux bouts (coke et suif). . .		0	01
Main-d'œuvre. .	Démontage d'un tube et deux viroles.	0 f. 55	1 fr. 10	1 85
	Montage *id.*	0 55		
Frais généraux.	50 p. 0/0 de la main-d'œuvre.	0 55		
	Total.		2	32
A ajouter. . . .	Prix de revient de la réparation d'un tube.		1	81
	Ensemble.		4	13
A déduire : Matière.	2 vieilles viroles, 0 k. 16 à 0 f. 08.		0	01
	Reste, pour prix de revient du remplacement d'un tube (réparation comprise)..		4 fr.	12

§ 6. — Prix de revient, par kilomètre parcouru en 1849, de l'entretien de la partie tubulaire des machines locomotives.

Matières.	Tubes consommés en 1849, 4,110 k. à 2 f. 55.	10,480 fr. »	20,380 f.	»
	Viroles *id.* 30,000 k. à 0 f. 33.	9,900 fr. »		
Frais généraux de magasin.	Intérêts à 5 0/0 des capitaux en magasin.		6,385	»
	A reporter.		26,765	»

	Report. . .		26,765 f. »
Réparation de tubes dans les ateliers. (Matière, main-d'œuvre et frais généraux).			24,828 »
Main-d'œuvre. . Démontage et remontage de 4,000 tubes, à 1 f. 10. . . . . 4,400 f.			
Démontage et remontage de 22,000 viroles, à 0 f. 25. . . . . 5,500 f.	9,900 f. »		
Frais généraux de main-d'œuvre. 50 p. 0/0 de la somme ci-dessus . . . . . 4,950 »		(1)	14,850 f. »
A ajouter. . . Pour frais de matage des viroles dans les dépôts . . .			1,557 »
	Total.		68,000 f. »

Le parcours total des machines locomotives de la Compagnie, pendant l'année 1849, ayant été de 3,428,885 kilom., le prix de revient d'entretien de la partie tubulaire, par kilom., sera donc de $\frac{68,000 \text{ f.}}{3,428,885 \text{ k.}}$ (2). . . . . 0 f. 0199

---

(1) On peut considérer cette somme comme au-dessous de la vérité, attendu que nous avons appliqué à la pose d'un tube sur la ligne, le prix de marchandage des ateliers de Paris, quoique dans les dépôts les travaux de pose de tubes s'exécutent à la journée. Il nous eût été, du reste, presqu'impossible d'appliquer ici la dépense effective. Néanmoins, l'on peut considérer le prix de 68,000 fr. comme représentant avec assez d'exactitude les dépenses de 1849.

(2) D'après ce que nous avons dit en commençant, il est certain que cette dépense s'élèvera assez notablement. Quand le remplacement des tubes sera parvenu à son état normal, elle pourra atteindre le chiffre de 0 f. 03.

CHAPITRE VI.

ANNEXES.

Marché pour l'entreprise de l'entretien de la partie tubulaire des chaudières des machines locomotives.

L'entreprise s'applique généralement à tous les travaux d'entretien de la partie tubulaire des machines locomotives, et comprend toutes les manœuvres nécessaires pour amener les objets à pied-d'œuvre, les conduire dans les magasins, au dépôt et au montage des machines.

Elle est confiée à la Société anonyme des tubes, et devra durer un an à dater du 1er janvier 1850.

Les travaux que l'entreprise comprend peuvent être définis comme suit :

1° Démontage des tubes et viroles;

2° Montage des tubes et viroles;

3° Remplacement des viroles;

4° Réparation des tubes encore propres au service;

5° Enfin, toutes les manœuvres dont il vient d'être parlé, et l'entretien des outils confiés à la Société.

Les entrepreneurs sont responsables de leurs travaux jusqu'après le premier essai des machines auxquelles ils ont été appliqués. Tous les tubes ou viroles qui fuiraient, après ce premier essai, seront remplacés ou réparés au compte de l'entreprise.

Il pourra être ajouté aux opérations ci-dessus définies certains autres travaux à des prix consentis par la Société.

Les prix concédés par le présent marché aux entrepreneurs, pour la durée de l'entreprise, ne pourront, dans tous les cas, s'appliquer qu'aux travaux qui seront bien et dûment reçus, et constatés par les attachements de la comptabilité.

Les sommes allouées pour travaux exécutés et reçus, comme il vient d'être dit, serviront d'abord à acquitter les salaires de tous les sociétaires, tels qu'ils ressortiront des taux fixés par la Compagnie pour chacun d'eux. Ce qui restera disponible, après ce premier prélèvement, constituera le bénéfice de la Société et sera réparti, par les soins de la comptabilité, entre tous les Sociétaires, au prorata des salaires.

Le nombre et la désignation des ouvriers faisant partie de la Société seront réglés, sur la proposition des contre-maîtres, en raison des besoins du service. Tout nouvel ouvrier entrant dans l'association ne participe aux bénéfices de l'entreprise qu'après la seconde paie qui suit son entrée.

La Compagnie conserve, vis-à-vis de tous les membres de la Société, le droit de renvoi ou de remercîment pour faute d'emploi. Ce droit sera exercé par l'Ingénieur de l'atelier, sur la proposition du contre-maître. Le compte de l'ouvrier renvoyé sera réglé d'après le taux de journée fixé par la Compagnie, pour ses heures effectives de travail depuis la dernière paie jusqu'au jour de son renvoi. Il en sera de même à l'égard de tout ouvrier démissionnaire ou remercié pour faute d'emploi, lorsqu'il ne voudra ou ne pourra attendre jusqu'à la paie prochaine de ses co-associés. — Aucune réclamation en participation sur les paies suivantes à intervenir ne sera admise dans aucun cas.

Les taux des journées pourront être revisés chaque mois, sur la proposition du contre-maître, de manière qu'ils représentent toujours, aussi exactement que possible, le travail et l'intelligence développés par chacun des membres de la Société.

Dans le cas où la Compagnie apporterait des perfectionnements dans le système de travail adopté aujourd'hui, ou si elle venait à introduire l'emploi de nouveaux appareils pour la réparation des tubes, elle aurait le droit de faire cesser les anciens procédés, et dès-lors, les travaux destinés à les remplacer deviendraient l'objet d'un nouveau marché avec la Société actuelle ou toute autre Société.

La série des prix reste fixée comme suit pour la durée de l'en-

treprise, commençant, ainsi qu'il a été dit, au 1er janvier 1850 et finissant au 1er janvier 1851.

1° *Démontage des Tubes et des Viroles.*

Par chaque tube démonté, quel qu'en soit le nombre, il sera payé. . . . . 0f. 55.

Le démontage des tubes comprend les opérations suivantes :

1° Enlèvement de la virole;

2° Enlèvement du tube;

3° Transport, au parc, des tubes à réparer.

2° *Montage des Tubes et Viroles.*

Par chaque tube monté, quel qu'en soit le nombre, il sera payé. . . . . 0f. 55.

Le montage des tubes comprend les opérations suivantes :

1° Transport des tubes du magasin au montage;

2° Mandrinage des trous des plaques tubulaires;

3° Présentation en place des tubes, recuisage et affleurage;

4° Mandrinage des tubes;

5° Pose des deux viroles.

3° *Remplacement des Viroles.*

Par chaque virole remplacée, quel qu'en soit le nombre, il sera payé. . . . . 0f. 25.

Le remplacement des viroles comprend :

1° L'enlèvement de la mauvaise virole;

2° La pose de la virole neuve.

4° *Réparation des Tubes.*

Par chaque tube réparé, essayé et reçu, quels que soient la longueur du raboutissage et le nombre des points de soudure à faire, il sera payé . . . . . 0f. 75.

La réparation des tubes comprend les opérations suivantes :

1° Décapage des tubes dans les cuves;

2° Recépage des mauvais bouts et essai à la presse;

3° Fraisage de l'extrémité à raboutir;

4° Préparation des bouts de raboutissage;

5° Soudage, redressage et ébarbage;

6° Calibrage rigoureux, à l'intérieur et à l'extérieur des extrémités des tubes réparés;

7° Toutes les manœuvres de rangement, pesage, etc.

NOTA. — Jusqu'à présent l'application des bagues en cuivre rouge, pour ramener les trous des plaques tubulaires du foyer aux dimensions normales, a été faite à la journée, par les monteurs chargés de la réparation des machines.

Devis général de l'installation de l'atelier des tubes.

N° D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	POIDS ou QUANTITÉS.	PRIX de L'UNITÉ.	PRODUIT.
			fr. c.	fr. c.
1	Tour à banc de bois et porte-outils, pour le fraisage des tubes et bouts de raboutissage.....	1	300 »	300 »
2	Fraise intérieure.....	1	25 »	25 »
3	Id. extérieure.....	1	35 »	35 »
4	Id. pour l'ébarbage des soudures.....	1	30 »	30 »
5	Suspension en corde, avec anneau.....	1	2 »	2 »
6	Scie mécanique, avec charriot et porte-tube....	1	450 »	450 »
7	Lames de scie circulaire pour ladite.....	2	11 25	22 50
8	Suspension en corde avec anneau.....	1	2 »	2 »
9	Presse hydraulique pour essayer les tubes.....	1	850 »	850 »
10	Bacs à décaper (1).....	2	180 »	360 »
11	Chevalet avec mandrin, pour redresser les tubes.	1	25 »	25 »
12	Rouleau pour sortir les tubes.....	1	20 »	20 »
13	Leviers pour ledit rouleau,—1—10 f.....	30 k.	» 50	15 »
14	Cordages.....	10	2 »	20 »
15	Four à chalumeau pour souder.....	1	100 »	100 »
16	Tamisoirs.....	2 k.	1 »	2 »
17	Pelles.....	2	2 »	4 »
18	Caisse à coke—1.....	49 k.	» 75	36 75
19	Appareils de montage de tubes à souder—2....	8	2 50	20 »
20	Treuil, comprenant sa corde, sa double chaîne et sa tenaille.....	1	50 »	50 »
21	Echelle pour les transmissions de mouvement...	1	15 »	15 »
	A Reporter.....			333 »

(1) Ces bacs sont en chêne, enduits simplement à l'intérieur avec un mélange gras, composé de 1 partie de suif et 3 parties de résine.

N°s D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	POIDS ou QUANTITÉS.	PRIX de L'UNITÉ.	PRODUIT
			fr. c.	fr. c.
	Report.....	.....	.....	126 »
22	Jauges indiquant la longueur des tubes.....	4	5 »	20 »
23	Etablis de menuisier.....	4	60 »	240 »
24	Etaux d'ajusteurs—4.....	256 k.	1 55	396 80
25	Tréteaux à rouleau.....	4	8 »	32 »
26	Forges volantes.....	2	100 »	200 »
27	Caisse à outils.....	1	20 »	20 »
28	Fourneau pour sécher les tubes.	1	200 »	200 »
29	Garniture d'une caisse à outils (suivant le détail ci-après.	1	406 »	406 »
	TOTAL.....			3,909 05

Composition de la caisse à outils des ouvriers tubistes.

Une bigorne	7 k	2	12 »
Trois étampes.....	6	2	14 »
Quatre limes des une au paquet.....	.....	2 45	9 80
Quatre id. id. . 1/2 rondes.....	.....	2 45	9 80
Un calibre pour tubes.....	.....	5 »	5 »
Vingt mandrins courts.....	60 k.	» 80	48 »
Cinq id longs, pour boîte à fumée	70	» 80	56 »
Cinq chasse-tubes.....	15	» 80	12 »
Quatre chasse-viroles courts.....	12	» 80	9 60
Quatre id. longs, pour boîte à fumée.....	56	» 80	44 80
Dix marteaux à garnir.....	.....	3 »	30 »
Quatre masses à chasser les viroles.....	12	2 »	24 »
Dix maillets en bois.....	.....	1 »	6 »
Trois bagues à retreindre.....	.....	10 »	30 »
Deux fraises à main, pour rafraîchir les coupes des fraises mécaniques, au moment de souder.....	.....	20 »	40 »
Douze langues de carpe pour sortir les tubes.....	.....	1 25	15 »
Vingt burins.....	10 k.	2 »	20 »
Vingt becs-d'âne	10	2 »	20 »
TOTAL égal au montant de la garniture inscrite sous le N° 29 du devis qui précède.....			406 »

MÉMOIRE N° XVIII.

Rapport sur un projet de distribution d'eau à Madrid (1),

Par MM. Eugène FLACHAT et E. LORENTZ.

Neuf compagnies industrielles puisent chaque jour dans la Tamise et dans la Léa deux cents millions de litres d'eau pour la consommation de Londres ; un capital énorme a été consacré aux travaux de dérivation, acquisitions des terrains, établissement de machines, réservoirs, bassins de filtration, conduites et tuyaux.

Et cependant la commission générale de salubrité (2) vient de se prononcer pour l'abandonnement complet des eaux de la Tamise et de la Léa ; elle propose de dériver à Londres les eaux de drainage des terrains d'alluvion qui avoisinent la métropole, et de lui fournir ainsi des eaux plus pures.

Tant il est vrai que l'insalubrité de l'air, des habitations, des habitudes, les conditions diététiques, la plus grande délicatesse des tempéraments, la souillure des eaux de pluie, tout concourt, dans les grandes villes, à donner une importance sans rivale à la qualité des eaux qui y sont distribuées !

Madrid, appelée, pour subvenir aux besoins de ses habitants,

---

(1) Ce projet émane de MM. les Ingénieurs Rafo et de Ribera, qui l'ont élaboré à la demande du gouvernement espagnol.

Un rapport sur ce travail a été demandé à M. Flachat, par M. de Grimaldi, consul général d'Espagne ; cet Ingénieur s'est associé M. Lorentz, dont la collaboration lui a permis d'entrer dans les développements que nécessitait l'étude d'une entreprise aussi importante.

(2) Dans l'intervalle qui s'est écoulé entre la présentation de notre rapport (décembre 1849) et son impression, le gouvernement anglais a publié un travail remarquable de la commission de salubrité, sur l'alimentation de Londres. Cette publication, qui date de 1850, nous a fourni quelques renseignements et chiffres dont nous avons enrichi notre rapport.

à faire un choix entre des eaux de diverses natures et entre les divers systèmes propres à les mener dans la cité, devra, selon nous, se préoccuper tout d'abord de la *bonne qualité* de l'eau, et de son *abondance* ensuite ; ces deux conditions dominent la question de dépense.

Nous sommes donc tout naturellement conduits à présenter quelques considérations préliminaires et générales, nécessaires d'une part pour légitimer l'importance que nous assignons à ces deux éléments essentiels de toute distribution bien entendue, d'autre part pour déterminer les conditions auxquelles une eau peut être réputée de bonne qualité et abondante.

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES.

Bonne qualité de l'eau.

Nous démontrerons en premier lieu que l'eau destinée à l'alimentation d'une ville, doit être d'une seule et même qualité pour les diverses fonctions qu'elle est appelée à remplir, fonctions qui se résument ainsi :

Besoins particuliers...
- Boisson ;
- Apprêt des aliments ;
- Ablutions ;
- Lavage du linge ;
- Bains ;
- Besoins des animaux ;
- Usages industriels, grands consommateurs, force motrice (1).
- Waterclosets et nettoyages intérieurs ;
- Irrigations des jardins, cours et façades des maisons ;

(1) Dans les villes où l'eau est distribuée à pression soit naturelle, soit artificielle, sa chute peut être très-utilement appliquée aux appareils qui ne demandent qu'une force de moins de trois chevaux (à ceux surtout qui ne fonctionnent que par intermittence), tels que presses hydrauliques et à imprimer, ventilateurs, appareils à moudre, tours, soufflets, grues à faroeaux, etc.

Besoins publics :
- Fontaines jaillissantes ;
- Arrosage et ébouage des rues, places et promenades ;
- Curage des égouts ;
- Extinction des incendies.

Nécessité d'une qualité unique et d'une bonne qualité.

Un simple coup d'œil sur les divers usages de l'eau attribuée aux besoins particuliers, fait voir que, sauf pour les nettoyages et irrigations, cette eau doit être de premier choix.

Mais il est convenable, nécessaire même, que l'eau des nettoyages, tout aussi bien que celle des usages plus spécialement individuels, soit élevée jusque dans l'intérieur des maisons ;—il n'est donc point possible d'établir de distinction entre ces deux natures d'eaux, sans admettre en même temps un double système, de distribution dans les maisons, de conduites souterraines et de réservoirs ou autres appareils ; en d'autres termes, sans se jeter dans des dépenses considérables et des inconvénients graves.

Ces inconvénients ont paru assez notables aux commissaires chargés, il y a un petit nombre d'années, par le parlement Anglais, de faire une enquête sur les questions de salubrité des grandes villes, pour être signalés comme l'un des motifs qui militent contre l'existence simultanée de plusieurs compagnies de distribution d'eau.

Quant au service des eaux d'édilité, auxquelles nous joindrons les eaux d'irrigations particulières, il est certain qu'il pourrait s'effectuer avec des qualités inférieures. Mais ici se présentent de nouveau, quoique moindres, les difficultés et les inconvénients des doubles distributions (1).

---

(1) Il n'est point indifférent, d'ailleurs, même pour les ébouages et arrosages des rues, de faire usage d'eaux renfermant des matières animales ou végétales ; l'évaporation de pareilles eaux est nuisible à la santé publique.

Voici du reste, sur les alimentations avec eaux de diverses natures, les conclusions des membres de la Commission de salubrité (*Report on the supply of water to the metropolis*, 1850) :

« Les dépenses qu'occasionne une semblable séparation sont une objec-

Ce qui achève de condamner de semblables séparations, c'est que l'eau d'édilité, c'est-à-dire l'eau des diverses fontaines, est en même temps l'eau du pauvre, c'est là que vont se pourvoir ceux qui ne peuvent payer; l'humanité aussi bien que la justice prescrivent de les alimenter avec de bonne eau.

On ne saurait donc établir de catégories pour l'eau destinée aux divers usages d'une ville, et nous devons admettre que, sauf force majeure, elle doit, tout entière, présenter les caractères qui la rendent propre aux besoins les plus directement individuels, tels que la boisson, l'apprêt des aliments, le blanchissage. Or il est facile de démontrer que pour remplir ces importantes fonctions, l'eau doit être fraîche, limpide, incolore, insapide, inodore, et surtout ne donner à l'évaporation qu'un faible résidu, dans la composition duquel les sels les plus nuisibles ne figurent qu'en proportion pour ainsi dire inappréciable.

Traits caractéristiques d'une bonne qualité.

L'eau doit être fraîche en effet; car tiède, elle affaiblit l'estomac et trouble la digestion. La fraîcheur est une qualité si essentielle, qu'elle permet de digérer une eau d'assez pauvre qualité, tandis que la tiédeur rend la meilleure eau nauséabonde et indigeste.

Fraîcheur.

Nous ne saurions trop insister sur ce point, intéressant pour tous pays, mais qui devient d'une suprême importance, d'une nécessité impérieuse dans les pays chauds. On sait qu'un des rôles essentiels de l'eau, c'est la réparation des pertes que le sang éprouve dans ses parties séreuses, pertes qui acquièrent une grande valeur dans une atmosphère sèche et chaude. A Madrid, les habitants font peu usage de boissons fermentées, alcooliques, et des préparations de toutes natures auxquelles s'adonnent les peuples des contrées plus septentrio-

---

» tion grave. Si l'on peut se procurer suffisamment de bonne eau pour tous les » usages, la séparation ne présente aucun avantage, tandis qu'il y en a de » grands à se servir exclusivement d'eau de bonne qualité. »

nales (1); mais par contre, ils boivent fréquemment de grandes quantités d'eau pure. Dans ces conditions, les hommes deviennent exigeants pour la qualité de l'eau; ils le deviennent par goût et par hygiène.

Consultée en 1838 par le préfet du Rhône, au sujet de l'alimentation de Lyon, une commission d'hommes spéciaux et de savants a fixé à 15° centigrades la température que l'eau ne pouvait dépasser sans danger ou du moins sans de graves inconvénients; mais pour être agréable à boire, surtout dans une ville comme Madrid, où les habitants sont accoutumés à trouver beaucoup de fraîcheur dans l'eau qu'ils consomment, elle ne saurait avoir plus de 10°.

La fraîcheur de l'eau est d'ailleurs nécessaire à diverses préparations industrielles (2), utile à la condensation des machines à vapeur; enfin, dans les égouts, elle retarde, si elle ne prévient pas complétement, la décomposition des matières organiques.

La fraîcheur de l'eau doit être naturelle, car il n'est guère possible de ramener à une basse température de l'eau échauffée par un long parcours ou un long séjour sous les rayons du soleil.

En effet, l'on ne peut rafraîchir l'eau que de deux manières :

1° En la faisant séjourner dans des réservoirs souterrains; mais, pour de grandes quantités d'eau, il faudrait, soit des souterrains énormes où elle pût se reposer très-longtemps, soit des souterrains très-multipliés; car l'eau en masse conserve sa tem-

---

(1) Boire de l'eau est utile en tous climats et notamment chez les nations qui, comme les Anglais, vivent principalement de nourriture animale. Mais la mauvaise qualité de l'eau, si générale en Angleterre, éloigne les classes pauvres de cette boisson et contribue beaucoup à l'intempérance qui leur est reprochée.

La réponse invariable faite par les individus des classes pauvres de certains districts de Londres, lors de l'enquête, fut « qu'ils ne pouvaient boire d'eau, » qu'elle était trop sale et leur faisait mal. » (Voir le rapport, déjà cité, sur l'alimentation de Londres.)

(2) A Londres, les brasseurs et d'autres grands consommateurs ne reculent devant aucune dépense et notamment le forage de puits artésiens, pour se procurer de l'eau à une température constante de 9 à 10 degrés centigrades. (*Report on the supply of the water to the metropolis, 1850.*)

pérature avec une rare énergie. Il y a donc là des difficultés pratiques et financières insurmontables ;

2° En lui faisant parcourir de longs trajets dans des conduits souterrains. Mais la difficulté d'un pareil moyen devient évidente en présence du fait suivant : à Lyon, dans un tuyau de fonte profondément souterrain et de petit diamètre, l'eau ne perdait que 2° 1/2 de sa température pendant un trajet de 1,400 mètres (1). Et cette expérience ne peut donner une idée, même approchée, de la difficulté que mettrait de l'eau, circulant en plus grand volume, à se dépouiller de sa chaleur.

A Toulouse, où l'eau de la Garonne s'infiltre souterrainement avec lenteur et dans un état de division extrême, à travers un banc d'alluvion, jusque dans des galeries placées à 4 mètres sous terre et à 40 mètres de la rivière, cette eau, disons-nous, atteint souvent, l'été, au sortir des galeries, une température de 17° centigrades, tant le rafraîchissement est difficile (2).

Nous n'insisterons ni sur l'insapidité ni sur l'état incolore et inodorant de l'eau, trois qualités évidemment nécessaires aux divers usages ménagers et industriels; mais nous nous arrêterons davantage sur le caractère le plus essentiel de tous, la pureté chimique.

Pureté.

Divers médecins pensent que l'eau entièrement dénuée de sels, l'eau distillée, est la plus saine de toutes (3). Il en est d'autres qui prétendent au contraire que la présence du carbonate de chaux dans l'eau est nécessaire soit à l'ossification chez les enfants, soit à la nutrition osseuse chez les adultes. Quoi qu'il

---

(1) Expériences d'une commission scientifique constituée par le préfet du Rhône en 1838. (Voir *Des Eaux potables*, par Terme, 1843.)

(2) *Des Eaux potables*, par Terme.

(3) Sir George Staunton (*Ambassade en Chine*), nous apprend que les personnes de haut rang, dans cette contrée, ont un tel souci de la bonne qualité de l'eau, qu'elles ne la boivent que distillée.

en soit de cette assertion, on peut dire que quelque minime que soit la proportion de ce sel dans l'eau, elle est encore plus que suffisante.

Par contre, une forte proportion de carbonate ou de tout autre sel de chaux présente les plus graves et les plus nombreux inconvénients : elle nuit aux fonctions de l'estomac, produit des obstructions viscérales, diminue les sécrétions naturelles, développe la gravelle et les calculs pierreux, forme des dépôts et des incrustations dans les chaudières et les conduites, diminue le pouvoir dissolutif de l'eau, prolonge la durée de la cuisson des aliments (1), nuit à l'aspect et au goût des apprêts culinaires (2) et fait cailleboter le savon (3).

Le carbonate de chaux est la substance qui, soit en France, soit en Angleterre, se rencontre le plus fréquemment en grandes quantités. Il a été reconnu que $0^{gr.},060$ de cette substance par litre suffisent pour enlever à l'eau son attrait comme boisson; $0^{gr.},250$ la rendent impropre au blanchissage et aux ablutions; cependant, jusque $0^{gr.},115$ environ, on peut dire qu'une eau est admissible pour tous usages.

On n'a point encore trouvé de moyen pratique de purger de leur carbonate, de grands volumes d'eau. Le procédé du docteur

---

(1) On a reconnu par expérience que s'il fallait 5 1/2 minutes pour faire bouillir de l'eau distillée, il en fallait 9 1/2 pour l'eau de la Tamise, qui contient $0^{gr.},229$ de carbonate de chaux par litre. La cuisson des légumes dans cette dernière eau, exige une durée de 1/4 en sus. Aussi les cuisiniers de Londres amendent-ils fréquemment l'eau dont ils se servent par l'adjonction de potasse ou de soude. (Voir le rapport sur l'alimentation de Londres, déjà cité.)

(2) Le développement de l'arôme du thé en est singulièrement empêché; la commission de salubrité (Voir le rapport déjà cité) estime que par le fait de substituer à la Tamise et à la Léa des eaux de drainage ne contenant que de 1/10 à 1/3 de la quantité de carbonate en dissolution dans les eaux de ces rivières, on économisera 1/3 de la quantité de thé actuellement consommée.

(3) A Londres la dépense en savon est estimée à 125 millions de francs par an, soit 1 fr. 25 par tête; or suivant les conclusions du rapport déjà cité, la substitution d'eaux plus douces à celles de la Tamise et de la Léa, épargnera une somme égale à ce que coûte aujourd'hui toute l'eau consommée à Londres.

Clarck, qui consiste dans l'adjonction d'un lait de chaux (1), n'a point reçu la sanction de l'expérience ; il ne dispense point, d'ailleurs, d'une filtration ultérieure, il rend l'eau alcaline et il est relativement coûteux ; enfin la commission de salubrité anglaise n'a point hésité à lui préférer la dérivation d'eaux de drainage, naturellement pures, quelque coûteuse et radicale que soit une semblable résolution.

Les sulfates de chaux présentent à un degré supérieur tous les inconvénients des carbonates ; de plus, en contact avec les matières organiques de l'eau, ils produisent de l'hydrogène sulfuré qui la rend aussi malsaine que désagréable. Le chlorure de calcium est également plus nuisible que le carbonate.

En l'absence de moyens pratiques de se débarrasser de ces substances, il convient de rechercher des eaux qui, autant que possible, n'aient encore coulé que sur des terrains de transition ou granitiques, et redouter particulièrement celles qui ont circulé un certain temps sur des formations tertiaires inférieures, lesquelles, composées de calcaire grossier, de gypse et d'argile plastique, abandonnent facilement à l'eau, soit des carbonates de magnésie, soit divers sulfates, soit des chlorures de calcium et de magnésium, matières qui, pour être d'une entière innocuité, doivent n'exister dans l'eau qu'en proportion à peine perceptible.

Quant à l'air, dont la présence dans l'eau est considérée comme salubre par un grand nombre de savants, les eaux de rivières qui ont longtemps circulé à ciel ouvert n'en sont point seules détentrices ; les eaux de source ou celles des ruisseaux et rivières encore peu éloignées de leur origine, peuvent en être et en sont généralement très-suffisamment pourvues.

Limpidité. Il nous reste à parler de la limpidité de l'eau, propriété essen-

(1) Ayant déterminé la quantité de bicarbonate de chaux que renferme l'eau, le docteur Clarck y ajoute un lait de chaux contenant en dissolution autant de chaux qu'il y en a dans le bicarbonate. — Le bicarbonate se transforme en protocarbonate, que l'eau ne dissout qu'en faible quantité et qui se précipite.

tielle, nous l'avons dit, dans une contrée où l'on boit beaucoup d'eau pure, nécessaire, d'ailleurs, pour les divers usages de propreté et de l'industrie.

Est-il possible de clarifier de grandes masses d'eau?

Pour répondre à cette question, nous allons passer en revue aussi rapidement que possible les principales tentatives faites dans ce but.

Elles se résument en trois systèmes :

1° La clarification par le repos; 2° par filtrage artificiel; 3° par infiltration, c'est-à-dire, filtrage naturel.

Clarification par repos.

Le repos est toujours insuffisant pour la clarification; il n'aboutit qu'à l'élimination des particules les plus lourdes et les plus grossières, à moins de prolonger le stationnement pendant un temps considérable. Or, à ciel ouvert, le temps, même sous le climat du Nord, développe dans l'eau des végétations putrescibles, suivies de près par l'apparition d'animalcules infusoires; et l'on ne saurait d'autre part, sans se jeter dans d'énormes dépenses, construire les nombreux réservoirs recouverts et même souterrains qui seraient nécessaires pour que cette interminable épuration pût se faire sans inconvénient.

Son insuffisance.

Filtrage artificiel.

Parmi les procédés de filtrage artificiel, nous nous occuperons d'abord de celui de M. Fonvielle; il est, à notre connaissance, appliqué sur une grande échelle à Vienne et à Paris.

A Vienne on a établi 32 vases clos, remplis de sable et de grès, pouvant, suivant les indications de M. Grimaud de Caux, chargé de cette installation, fournir chacun 50,000 litres en 24 heures. L'eau est introduite dans ces appareils sous une pression considérable qui active le filtrage et utilise bien toute la masse filtrante; cette pression permet en outre de faire arriver l'eau indifféremment soit par le dessus, soit par le dessous des appareils, ou simultanément dans les deux sens; dans ce dernier cas il se produit un choc qui nettoie le sable. Mais cette

pression est coûteuse; à Vienne, elle oblige d'élever l'eau, par machine à vapeur, à 90 pieds, tandis que les besoins de la distribution n'exigeraient qu'une élévation de 30 pieds; cette surélévation est, en général, l'un des graves inconvénients du système.

A Paris, le filtrage par le procédé Fonvielle coûte à la ville 17 centimes le mètre cube(1); il en coûterait encore 8 (2) si l'on supprimait l'emploi du charbon, emploi fort inutile d'ailleurs, car cette substance, dont le rôle est de désinfecter, n'agit réellement qu'à la condition d'entrer dans la composition du filtre pour une proportion tellement considérable et d'être si fréquemment renouvelée, qu'elle rendrait le filtrage économiquement impossible.

En Angleterre, le procédé Fonvielle est connu sous le nom de Maurras, mais il n'a reçu que peu d'applications.

Il ne nous paraît donc point, quant à présent, propre à l'épuration de grandes masses d'eau; ajoutons que, s'il faut en juger par Paris, il produit un liquide plus ou moins louche, suivant l'état de la rivière.

M. l'Ingénieur R. Thom, l'un des plus compétents en ces matières, chargé d'alimenter Greenock, petite ville d'Ecosse de 25,000 âmes, a employé un procédé de filtrage artificiel qui n'est pas sans analogie avec le précédent.

Il a établi trois vastes bassins filtrants; l'eau, après s'être rendue successivement de l'un à l'autre en traversant dans chacun une couche de sable de $1^m,20$ d'épaisseur, est recueillie dans un réservoir de distribution.

Or, comme ces bassins sont alimentés par les eaux que fournit le drainage des collines très-élevées qui entourent la ville, il en résulte que l'on dispose d'une pression naturelle, assez

---

(1) *Statistique des eaux de la ville de Paris*, 1840, par M. Emmery, Inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées, et Directeur de ces eaux.

(2) Lettre écrite au *Siècle*, (juillet 1841) par le Directeur de la Compagnie Française qui exploite à Paris le procédé Fonvielle.

puissante pour y faire au besoin agir l'eau en sens contraire de sa marche ordinaire. Cette faculté permet de nettoyer les masses filtrantes ; mais ce nettoyage n'est pas suffisant, et M. R. Thom assure lui-même qu'au bout d'un certain temps, assez éloigné il est vrai, les filtres sont hors d'état de service. Si ce procédé réussit jusqu'à un certain point à Greenock, c'est, en résumé, que l'on y jouit d'une pression gratuite tout-à-fait exceptionnelle; que les eaux y sont naturellement peu troubles, enfin qu'il est employé aux besoins d'une ville peu considérable.

En Angleterre, où le moyen d'épuration le plus généralement usité est le repos, moyen insuffisant quand il est seul employé, mais jusqu'à un certain point admissible sous son climat froid et humide, on pratique quelquefois un mode de filtrage artificiel, variable dans ses dispositions de détail, mais basé sur le principe que l'exemple qui suit va mettre en évidence (1) :

La Compagnie de Chelsea, l'une des neuf qui alimentent Londres, possédait en 1842 quatre vastes bassins communiquant entre eux; l'eau, dans les deux premiers, se dépouillait par le repos de ses particules terreuses les plus grossières ; de là, elle était conduite dans le troisième bassin formé par une série de tuyaux en maçonnerie sèche, parallèles entre eux, revêtus d'une couche de sable concentrique et séparés l'un de l'autre par des intervalles ou vallées comblées avec du sable.

L'eau, introduite sur cette surface ondulée, se filtrait en traversant le sable, se rendait dans les tuyaux par les interstices de leur maçonnerie, et de là dans la bâche d'une machine à vapeur. « Quand l'eau du troisième bassin, » dit M. l'Ingénieur Hubert qui a visité cet établissement en 1842 « est entièrement » écoulée, la masse de sable reste à découvert, et des ouvriers » armés de rateaux enlèvent alors la couche superficielle sur la-

(1) Arago, *Rapport à l'Académie des sciences*, 1837 ; notices de M. Mallet, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées (1830), et de M. Hubert, Ingénieur, (1842).

» quelle les parties les plus grossières se sont arrêtées, et ils la » remplacent par du sable propre.

» Mais il arrive un moment où ce moyen ne suffit plus; il faut » enlever et laver toute la masse du sable, et l'on se sert alors » du quatrième bassin tenu en réserve. »

Suivant le même Ingénieur, l'installation des filtres de cette Compagnie a coûté un million et les frais d'entretien sont estimés à 30,000 fr.; soit 80,000 fr. annuellement (1), pour intérêt du capital et entretien afférents à la filtration quotidienne de 15 000 m. c.; enfin, ce mode de filtrage donne, non pas de l'eau filtrée, clarifiée, mais de l'eau plus ou moins louche suivant que la Tamise est plus ou moins limoneuse, ou les filtres plus ou moins nettoyés.

A Glasgow, dans une disposition de filtrage semblable à celle que nous venons de décrire, on a tenté de nettoyer le sable par le procédé suivant : on mettait successivement la partie inférieure de chacune des vallées du bassin filtrant en communication avec une pompe qui en extrayait l'eau; il en résultait que l'eau des parties environnantes prenait la direction de la vallée sur laquelle on opérait, et cela dans un sens contraire à celui qu'elle avait suivi d'abord, et que le sable était ainsi nettoyé; mais l'eau, chargée de dépôts, mettait en peu de temps la pompe hors de service (2); c'eût été dans tous les cas coûteux.

L'écueil du filtrage artificiel, c'est de rendre obligatoire soit le renouvellement de la masse filtrante, qui est dispendieux, soit son nettoyage, qui est également dispendieux; car pour net-

---

(1) Nous lisons dans les documents de la grande enquête de 1841, que M. Simpson évaluait ainsi les dépenses du filtre de Chelsea, pour 1840, époque à laquelle on ne filtrait guère par jour que 11,000 m. c.

Frais d'établissement.	295 000 fr.	
Frais annuels de l'élévation de l'eau sur le filtre		20,100 fr.
Frais annuels de nettoyages et réparations.		20,150
Intérêt du capital		14,750
		55,000

(2) Mémoire de M. l'Ingénieur Mallet, déjà cité.

toyer il faut vaincre des résistances considérables, la substance filtrante n'opérant qu'à la condition de présenter des vaisseaux pour ainsi dire capillaires. Aussi peut-on assurer que ce mode de filtrage n'a jamais réussi qu'avec des eaux déjà limpides jusqu'à un certain degré, telles qu'on les obtient, par exemple, du drainage des terrains d'alluvion, c'est-à-dire de la collection des eaux de pluie qui glissent sur ces terrains ou les traversent, eaux auxquelles on ajoute d'ailleurs le produit de quelques sources ou ruisseaux de bonne qualité (1). Son insuffisance.

En 1834, le parlement anglais ayant fait une enquête sur la possibilité d'arriver à filtrer convenablement de grandes masses d'eau, l'avis d'Ingénieurs des plus distingués (2) fut que les difficultés d'une filtration, portant sur huit à dix mille mètres cubes par vingt-quatre heures, étaient insurmontables, à moins d'énormes dépenses qui ruineraient infailliblement toutes les compagnies, si on les y obligeait.

---

(1) On estime (voir le rapport sur l'alimentation de Londres, déjà cité) que l'évaporation, la végétation et les sources absorbent environ de 40 à 50 centimètres de hauteur d'eau de pluie par an. On peut donc, au moyen du drainage, se servir, pour l'alimentation des villes, de la différence entre cette hauteur et celle qui est tombée réellement.

L'alimentation par drainage, si l'on a soin de ne point laisser l'eau circuler sur des terrains de mauvaise nature, donne généralement des eaux assez pures, passablement limpides, et offre en outre l'avantage d'assécher et d'améliorer les terrains dont elle tire sa substance.

Mais outre que ce système ne dispense point d'une filtration subséquente, il nécessite encore l'emploi de vastes réservoirs capables, en prévision des irrégularités de la pluie, de contenir la consommation de deux, trois et même quatre mois.

En Angleterre et en Ecosse, toutefois, cette méthode prend tous les jours plus d'extension et, nous l'avons dit, la commission de salubrité vient d'en proposer l'application à Londres ; on drainerait 300 kilomètres carrés de terrain d'alluvion, dans un rayon de 42 kilomètres environ; le prix de ce drainage (capable de fournir annuellement plus de 182 millions de litres), en plus celui des réservoirs et aqueducs de collection des eaux, celui des réservoirs régulateurs et distributeurs, celui des filtres, des conduites d'eau dans la ville, achat de terrains, etc., s'élèverait à 36 millions.

(2) MM. James Mills, W. Anderson, Mills, Wickstead, W. Mylne, James Simpson et Morsland.

Infiltration.

Il nous reste à examiner le troisième système de clarification, celui où l'on procède par l'infiltration.

Il consiste à recueillir l'eau d'une rivière dans une galerie ou tunnel en maçonnerie sèche, enfouie dans le sable, parallèlement à la rivière et à un niveau au-dessous de son étiage ; cette galerie étant d'ailleurs assez distante de la rivière pour que, dans le trajet, l'eau qui s'infiltre peu à peu à travers le banc d'alluvion qui sépare le cours d'eau de la galerie, ait le temps de se dépouiller de son limon et de se rafraîchir.

A Toulouse, où ce système est établi, on a été obligé, pour obtenir de l'eau en quantité suffisante, d'augmenter successivement les dimensions et le nombre des tunnels. Le premier, qui avait un mètre de profondeur au-dessous de l'étiage et une superficie d'environ 250 mètres, ne fournissant que 1,200 mètres d'eau, on porta ses dimensions à 108 mètres de longueur sur 8 mètres de largeur ; mais il ne débita encore que 2,000 mètres, c'est-à-dire moitié seulement en sus, quoique sa superficie eût été ainsi quadruplée ; on fut alors conduit à construire deux autres tunnels, le dernier long de 250 mètres et placé à 40 ou 50 mètres de la rivière (1). A eux trois, ces puisards n'ont jamais guère fourni au delà de 250 pouces d'eau ; ajoutons que cette quantité va diminuant chaque année.

S'il est vrai, enfin, que l'eau se limpidifie de plus en plus, phénomène corrélatif avec celui de l'appauvrissement qui résulte de sa lenteur d'écoulement à travers la masse filtrante, d'un autre côté les crues de la Garonne recouvrent souvent une partie du terrain dans lequel sont placés les tunnels, et troublent les eaux infiltrées ; de plus, en été, lorsque les besoins sont les plus grands, les tunnels ne fournissent que peu d'eau par suite de l'abaissement du niveau de la rivière.

A Glasgow, après avoir échoué dans une tentative de filtrage artificiel, on ouvrit, d'après les conseils du célèbre Watt, des

(1) *Des Eaux potables*, par Terme.

galeries d'infiltration. Voici ce que dit à leur égard M. l'ingénieur R. Thom.

« On a obtenu une eau excellente pendant quelque temps ; » mais le produit a baissé par degrés et à un tel point que l'on » a été obligé d'y suppléer en tirant l'eau directement de la » Clyde.

» Dernièrement, j'ai visité les travaux; j'ai conseillé d'étendre » les galeries suivant le système de Watt ; on l'a fait et le pro- » duit a augmenté proportionnellement ; mais certainement il » baissera encore une fois, et l'on devra recourir alors à d'autres » moyens pour obtenir une quantité d'eau suffisante. »

En réalité, le système par infiltration est certainement supérieur aux deux autres, en ce qu'il donne des eaux assez limpides et passablement fraîches ; mais il n'est pas toujours applicable; il faut pour cela que le cours d'eau offre sur ses rives de vastes terrains d'alluvion convenablement situés, ne renfermant aucun principe capable d'altérer l'eau et à l'abri des inondations. Encore toutes ces conditions si difficiles à réunir ne procurent-elles qu'un succès passager, car ce système ne diffère de celui du filtrage artificiel qu'en ce que, dans le premier, on opère sur des masses filtrantes plus considérables; cependant tôt ou tard elles s'obstruent; on y supplée en prolongeant les galeries, mais ce sont là des expédients auxquels il y a toujours un terme. Son insuffisance.

On avait espéré, à tort, que cette méthode donnerait les mêmes résultats que les sources naturelles ; mais, ainsi que l'a observé M. Arago (1) : « Pour une source artificielle, la couche filtrante » aura toujours une étendue circonscrite, bornée; pour les eaux » d'une source naturelle, au contraire, la clarification s'opère » quelquefois dans des bancs de sable qui occupent des provinces » entières et sur une eau à peine trouble.

» L'engorgement des tuyaux capillaires filtrants sera très » rapide dans le premier cas, quoiqu'il soit lent et insensible » dans le second. »

(1) Rapport à l'Académie des sciences, 1837.

Nous pouvons le dire maintenant en toute assurance : dans l'état actuel de l'art, la clarification des eaux troubles est une utopie.

C'est pour les grandes masses d'eau un problème pour le moins aussi difficile à résoudre que celui de les rafraîchir ou d'en épurer la composition chimique.

Nous avons démontré la nécessité de n'alimenter les villes qu'avec de l'eau de bonne qualité; nous avons déterminé les caractères que doit présenter cette eau, et prouvé l'impossibilité de rectifier celles qui n'en sont pas douées naturellement; nous allons maintenant étudier l'alimentation des villes sous le rapport de l'abondance de l'eau.

Abondance de l'eau.

Nécessité de l'abondance.

Ce n'est que grâce à une grande abondance d'eau qu'il est possible d'assainir les maisons et les rues d'une ville, c'est-à-dire de combattre la boue, la poussière, la chaleur, les incendies, et provoquer cette propreté du corps, des vêtements et du logis, qui exerce une si heureuse influence sur la santé et jusque sur le moral des hommes.

Lors de l'enquête faite avec tant de solennité et de soins en 1844, sur la salubrité des villes anglaises, il y a eu unanimité pour déplorer les tristes conséquences d'une parcimonieuse distribution de l'eau, pour reconnaître qu'elle est l'une des causes principales des maladies des classes pauvres et de leur effrayante mortalité; pour affirmer enfin, d'après de nombreux exemples, que leur malpropreté influe à la vérité d'une manière fâcheuse sur leur santé, leur respect de soi-même et leur conduite, mais que cette malpropreté n'est imputable qu'à la difficulté de se procurer de l'eau, et non à ce qu'elles sont

incapables d'apprécier les avantages de la propreté du corps et du ménage (1).

L'abondance de l'eau est nécessaire dans les villes froides et boueuses du Nord ; elle ne l'est pas moins dans les villes du Midi, vouées à des étés longs, secs et ardents; dans ces dernières, à moins d'irrigations fréquentes, la végétation devient impossible et la circulation dans les rues pénible; on y a d'ailleurs contracté l'habitude des eaux jaillissantes.

La distribution d'un grand volume d'eau est un besoin général qui s'est traduit par les efforts constants de tous les peuples arrivés à un certain degré de civilisation ; les Romains n'ont reculé devant aucune dépense, aucune difficulté, pour amener dans leurs villes des eaux abondantes et de bonne qualité, et si cette tendance a été étouffée par l'invasion des Barbares, elle s'est ranimée en Europe en même temps que les arts, les sciences et l'industrie.

Un grand nombre de villes en Europe et en Amérique ont exécuté récemment de vastes travaux pour l'alimentation des eaux, et un bien plus grand nombre encore en élaborent des projets; toutes enfin, les appellent de leurs vœux. On peut dire sans crainte de se tromper, que le besoin d'eau qu'éprouve une ville est en raison directe du degré de civilisation de ses habitants.

Mais si l'abondance de l'eau est nécessaire dans l'intérieur des murs d'une grande ville, elle trouve encore sa raison d'être dans l'utilité de vivifier, de féconder la banlieue de ces villes, la campagne dont elles sont entourées. Les habitants de ces grands centres de population éprouvent un besoin irrésistible de végétation, de vue étendue, de tranquillité et d'air pur;

(1) En Angleterre, suivant l'enquête, les maisons habitées par les classes peu aisées offrent rarement des vacances lorsqu'elles reçoivent les conduites d'eau.

c'est une réaction bien naturelle qui s'est de tout temps manifestée par l'établissement de nombreuses villas autour des capitales; mais à l'époque où nous vivons, l'aisance plus généralement répandue, et la multiplication des voies et moyens de communication, multiplient à leur tour, dans une proportion considérable, ces maisons de campagne à petits loyers, petits jardins, où les familles vont passer la saison chaude, à portée des occupations qui peuvent les appeler à la ville (1). Toutes les capitales sont ou seront dans ces conditions; il faut donc se préoccuper sérieusement d'animer ces villas, de verdir ces jardins, et pour cela, il faut pouvoir disposer de grandes quantités d'eau. Avons-nous besoin d'ajouter que cette considération est surtout importante pour Madrid, dont la banlieue, dans certaines parties, offre l'aspect d'un désert, sol fécond cependant que l'eau n'aurait pas de peine à vivifier, à enrichir, mais qui, aujourd'hui, fait de la capitale de l'Espagne au milieu de son territoire, une sorte d'oasis de pierre?

Marseille (2), qui vient de chercher à vingt lieues les eaux de la Durance, a réservé pour l'irrigation de sa banlieue une part importante du produit de son canal de dérivation.

Il ne faut pas se le dissimuler, d'ailleurs, Madrid a tout intérêt à prolonger le rayon dans lequel il lui sera possible de trouver des acheteurs pour l'eau qu'elle s'apprête à dériver à grands frais. L'alimentation de la banlieue pourra devenir un complément utile, nécessaire même au point de vue financier, car, nous le craignons, dans cette ville, comme dans beaucoup d'autres, la quantité d'eau vendue, concédée aux particuliers, restera proportionnellement faible, pendant une longue pé-

(1) Une partie des maisons de la Cité de Londres est, pendant toute l'année, habitée le jour seulement; les négociants qui en ont fait des comptoirs, s'y rendent le matin et les quittent le soir, transportés par ces nombreux omnibus qui desservent la banlieue de la métropole.

(2) Voir, pour ce qui concerne Marseille, les rapports faits au conseil municipal de cette ville par l'Ingénieur en chef et le maire. (1846.)

riode encore. Cette considération demande quelques développements.

Nécessité de distribuer de l'eau gratuite.

L'eau des fontaines jaillissantes, des arrosages, des égouts, des incendies et des curages d'égouts, en un mot l'eau d'édilité, est partout et toujours à la charge de la communauté, et il n'en peut guère être autrement.

Quant aux besoins particuliers, il est pour y subvenir deux systèmes prédominants ; dans le premier, les communes ont érigé des fontaines banales où les habitants peuvent venir puiser gratuitement; dans le second, les communes ont abandonné les habitants à eux-mêmes et à l'initiative de l'intérêt privé.

En Angleterre le deuxième système est généralement en vigueur; voyons ce qui en est résulté.

Lors de l'enquête de 1844 (1) sur la salubrité publique, les commissaires ont constaté que sur 50 villes principales d'Angleterre visitées par eux, Londres exceptée, vingt-six seulement étaient alimentées par des Compagnies; et l'on conçoit, en effet, que les villes seules où se trouvent un grand nombre de consommateurs, puissent offrir un intérêt rémunérateur aux capitaux nécessaires pour de semblables entreprises, capitaux grossis d'ailleurs par de forts droits de concession et par les prix exorbitants qu'on leur fait payer pour les terrains. Encore si toutes les maisons recevaient l'eau, dans ces villes ainsi favorisées! mais il n'en est point ainsi; en moyenne c'est 1 maison sur 2 ou 3; à Birmingham, 8,000 maisons sur 40,281; à Newcastle, 1,350 sur 15,000, soit 1 sur 12; à Shields 1 sur 20; à Gateshead, 1 sur 29. Les Compagnies évitent les quartiers et les rues habités par les pauvres; et comment, en effet, pourraient-elles placer leurs conduites et tuyaux dans des quar-

(1) Voir, pour ce qui concerne cette enquête, les divers *Reports of the commissioners for inquiring into the state of large towns and populous districts (1845)*.

tiers où elles ne sont point certaines d'une rémunération suffisante pour l'augmentation de capital que ces travaux nécessitent?

Pour les pauvres, elles établissent un certain nombre de fontaines, où elles vendent l'eau à raison de cinq centimes pour des quantités variables dans les limites de 30 à 60 litres environ, prix plus élevé que celui des concessions qui, à la vérité, n'exigent pas de dépenses de perception aussi considérables; quelquefois elles ne leur délivrent l'eau qu'aux réservoirs mêmes; enfin elles ne débitent le plus souvent l'eau que par intermittence. Or, si les concessionnaires munis de réservoirs ou citernes éprouvent eux-mêmes, par ce fait, de très-graves inconvénients, que dire des pauvres, qui sont obligés d'être à heure fixe à la fontaine, d'y attendre, d'y lutter souvent pour avoir leur tour et de remplir d'eau tous leurs ustensiles, pour être pourvus tant bien que mal jusqu'au prochain écoulement!

Londres, avec ses neuf Compagnies de distribution d'eau, est, on le sait, généralement proposée pour modèle par tous ceux qui se sont occupés de projets d'alimentation; il est certain que Londres est une des villes d'Europe où la proportion des maisons abonnées est la plus considérable, ce qui tient non-seulement à ce qu'on n'y trouve aucune eau gratuite, mais encore à ce que l'eau des puits et citernes y est tout particulièrement infectée par des infiltrations souterraines, et celle de pluie singulièrement salie par la fumée et la malpropreté des toits. Ces conditions sont éminemment favorables au développement du système exclusif de distribution vénale: aussi, les inconvénients de ce système, s'il en présente dans la métropole de l'Angleterre, y sont-ils plus significatifs qu'ailleurs; — or, voici quelle est la situation des classes pauvres dans cette capitale.

Un certain nombre de maisons (1), et ce sont des maisons

(1) 17,456 maisons sur 288,000, soit 6 0/0, en moyenne, se trouvent dans ces pernicieuses conditions. Mais dans certains quartiers populeux, cette proportion s'élève à 18 0/0. (Voir le rapport déjà cité.)

occupées par de pauvres gens, ne consomme pas une goutte de l'eau distribuée par les Compagnies; leurs habitants s'alimentent au moyen de puits et même de puisards, infectés par les transsudations des fosses et des égouts. Les classes pauvres, d'ailleurs, ne sont pas beaucoup mieux partagées quand elles habitent des maisons abonnées.

Et, d'abord, les eaux de la Tamise et de la Léa sont naturellement impures, et, pendant les crues, elles sont peuplées d'animalcules visibles; la plupart des Compagnies ne filtrent pas l'eau et se contentent de la laisser reposer (1); l'une d'elles la puise en un point où elle est souillée par les égouts. Toutes ces impuretés sont aggravées par l'intermittence du service, qui n'a lieu qu'une fois en vingt-quatre heures (2). Souvent forcés d'aller quérir leur eau à une fontaine commune à tout un passage, à toute une ruelle, les habitants pauvres la recueillent dans des cruches, baquets, tonneaux, où elle séjourne exposée à l'air malsain des chambres d'habitation et se vicie. Si l'eau vient directement jusqu'aux maisons, elle est entreposée dans des citernes souterraines, où elle se vicie également sous l'influence des infiltrations des fosses et des égouts, et où elle est souvent si souillée, que les habitants ne s'en servent que pour laver, mendiant ou volant le reste, ou bien l'achetant directement aux réservoirs des Compagnies (3).

Enfin, l'une des conséquences du régime intermittent, c'est un coulage, une perte d'eau véritablement énorme, d'où résulte que les habitants de Londres sont loin de jouir, en réalité, de la quantité d'eau qu'on s'imagine communément leur être dis-

---

(1) 7 sur 9 sont dans ce cas. (Voir le rapport déjà cité.)

(2) Il y a peu de mois que Londres n'était encore alimentée que trois fois par semaine et deux heures chaque fois.

(3) Voici dans quels termes les commissaires de salubrité (rapport déjà cité) parlent des nombreux échantillons d'eau trouble, souillée, et animée d'infusoires, qui furent présentés à leurs inspecteurs : « C'est dans ces conditions que l'eau « est *généralement* consommée par les pauvres. »

tribuée et qu'ils souffrent d'une véritable insuffisance (1).

Dans les vingt-quatre villes que les Compagnies n'ont point entrepris d'alimenter, c'est pis encore. Neuf seulement d'entre elles renferment des maisons qui reçoivent directement de l'eau et une maison seulement, sur 4 ou 5 en moyenne, y jouit de cet avantage. Les quinze autres ne présentent rien de semblable; parmi elles, il en est plusieurs où il n'existe aucune circulation d'eau; les habitants y ont recours directement à la rivière, aux puits, aux sources, aux eaux de pluie.

Quand il y a des distributions, elles sont gérées soit par des administrations locales, qui n'ont pas assez de pouvoir entre les mains pour en faire une bonne répartition, soit par des particuliers, qui sont préoccupés avant tout de leur intérêt propre.

Bristol, en y comprenant Clifton, renferme 130,000 habitants; sur ce nombre 5,000 seulement reçoivent l'eau dans leurs maisons.

Sauf quelques rares exceptions, l'eau dans ces villes est insuffisante quand elle n'y est pas gaspillée; les pauvres en manquent; ils s'alimentent aux puits, aux pompes, aux réservoirs d'eau pluviales, directement aux sources et aux rivières au prix de longs trajets et de grandes fatigues. La qualité de l'eau qu'ils consomment est d'ailleurs généralement mauvaise. Souvent, ils ont recours à la charité des voisins; d'autres fois, ils l'achètent aux porteurs d'eau au prix moyen d'environ cinq centimes pour quinze litres.

Il existe cependant, dans certaines villes Anglaises, quelques fontaines où l'eau se débite gratuitement aux frais de l'administration locale, ou en vertu des largesses de quelques particuliers; mais c'est un cas rare et exceptionnel.

En France et dans quelques autres contrées, telles que l'Amérique du Nord, c'est le système opposé qui a prévalu : si les classes aisées n'y ont pas pour l'eau les facilités, les commodités qu'elles rencontrent en Angleterre, en revanche, quand il y a

(1) Moitié des 200 millions de litres délivrés par les réservoirs des Compagnies, est ainsi gaspillée. (Voir le rapport déjà cité.)

circulation d'eau, elle est, généralement débitée gratuitement aux classes pauvres par des fontaines et des bornes-fontaines publiques. Il en est ainsi à Paris, où dix-sept cent quatre-vingt-quatre bornes-fontaines débitent chacune un litre par seconde pendant trois heures chaque jour, indépendamment de vingt-trois fontaines monumentales qui distribuent chaque jour 13,000 m. c. A Marseille huit cents bornes fontaines mettront gratuitement à la disposition du public plus de 13,000 mètres cubes par jour, soit 74 litres pour chaque habitant; à Vienne en Autriche, l'eau élevée du Danube est distribuée gratuitement à 400 fontaines publiques; à New-York, où il y avait 600 bornes-fontaines gratuites en 1844, ce nombre a été augmenté depuis; à Philadelphie il y a même générosité.

On objecte à ce système qu'il est doublement onéreux pour la communauté; que si, d'une part, il met à sa charge l'alimentation des classes pauvres, d'autre part il est à craindre que l'attrait de la gratuité n'arrête le placement des concessions.

Nous ne saurions, quant à nous, partager cette crainte : ce n'est pas en réalité la gratuité qui s'oppose à l'achat de l'eau, c'est la misère.

Quand bien même il n'y aurait dans une ville aucune distribution gratuite, le pauvre se restreindra, il mendiera l'eau, il la puisera dans les puits et aux pompes, quelque malsaine qu'elle soit d'ailleurs; il prendra des habitudes de malpropreté et d'intempérance, mais il ne paiera pas.

Le propriétaire, par négligence quelquefois, mais le plus souvent, effrayé par la dépense de premier établissement et le prix très-élevé des abonnements, qui est nécessairement la conséquence d'un débit restreint (1), ne prendra point de concession.

Dans les villes d'Angleterre où il n'y a pas d'eau gra-

(1) Les Compagnies, en Angleterre, faute d'un nombre suffisant d'abonnés dans la même rue ou le même quartier, ne font généralement que des bénéfices nuls ou presque nuls; pour s'efforcer de rétablir l'équilibre, elles font payer non pas ce que valent leurs services, mais ce qu'elles peuvent obtenir; d'où des taxes irrationnelles et d'une diversité incroyable.

tuite et où les distributions existent de longue date, une maison seulement sur une moyenne générale de 3 à 4 maisons, devient concessionnaire; c'est que l'Angleterre est un pays de fortunes inégales; tandis que, malgré une véritable profusion d'eau gratuite, Philadelphie en 1844 avait déjà placé 25,816 concessions sur 40,000 maisons; New-York, qui venait à peine de dériver le Croton, 6,000 sur 30,000. Ne pouvons-nous pas d'ailleurs citer Paris, où 5,000 concessions ont été prises sur 29.526 maisons(1), malgré leur cherté quand elles sont d'eau de Seine (le minimum de l'abonnement est de 100 francs annuels pour deux hectolitres et demi, par jour, d'eau le plus souvent trouble et chaude en été), et malgré leur usage plus borné quand elles sont servies avec les eaux notoirement inférieures de l'Ourcq (2).

Et cependant nous ne nous dissimulons pas les inconvénients sérieux de l'eau gratuite.

Non-seulement elle induit les municipalités en de fortes dépenses, non-seulement son transport dans les ménages, confié généralement aux bras des femmes, exerce une influence fâcheuse sur leur santé, mais encore elle est chère: le temps et la peine sont de l'argent (3).

---

(1) Le chiffre des concessions nous a été indiqué par M Mary; celui des maisons est tiré d'un rapport au ministre sur le pavage et macadamisage, par M. Darcy.

(2) Le produit de l'eau vendue à Paris par la municipalité, est, suivant une lettre du préfet de la Seine (voir *Des Eaux potables, 1843*), de plus de 900,000 f.; il se compose du produit des concessions d'eau de Seine dont nous avons indiqué le prix, de celui des concessions d'eau de l'Ourcq, qui coûtent 75 f. par an pour 15 hectolitres quotidiens; enfin de celui des fontaines marchandes où l'eau est vendue aux porteurs d'eau à raison de 0 f. 09 par hectolitre.

La société récemment formée, à Paris, pour la construction de bains et lavoirs publics, se propose de creuser un puits artésien dont le coût moyen serait à Paris de 6,000 francs, suivant M. Degousée, tandis qu'à Londres le coût de semblables travaux s'est élevé à 6, 7, 8 et 12,400 fr pour les brasseries de cette ville), dans tous ses établissements, composés chacun de quatre-vingt-quatre places à laver et douze baignoires, et cela afin d'éviter la dépense de l'eau concédée par la ville, qui s'élèverait annuellement à 3,000 fr.

(3) Voici le résumé d'un calcul que nous trouvons dans le rapport déjà cité des commissaires de salubrité:

Soit une famille vivant au 3e ou 4e étage et consommant journellement le vo-

Des deux systèmes en vigueur, l'un en Angleterre, l'autre en France, ni l'un ni l'autre n'est satisfaisant.

L'Angleterre toutefois vient de faire un pas vers la solution de cette difficulté.

Les commissaires de l'enquête sur la salubrité des villes, faite par ordre du parlement Anglais, en 1844, ont été unanimes à proclamer la nécessité de mettre les classes pauvres en possession d'une suffisante quantité d'eau potable, ainsi que de bains et lavoirs publics. Pour réaliser ces vœux, ils ont émis l'avis que pleins pouvoirs fussent donnés aux administrations locales, de traiter directement avec des Compagnies ou des entrepreneurs, chargés de pourvoir aux besoins de tous les habitants ainsi qu'à ceux d'édilité, et conséquemment de placer dans toutes les rues des conduites d'alimentation; ils ont en outre émis l'avis que les administrations locales taxassent, au profit des Compagnies, les propriétaires de toutes les maisons ainsi mises en position de se servir de l'eau de ces conduites.

Ces mesures, quelque louables qu'elles soient, nous semblent appeler un complément (1); il est incontestable que, soit incu-

---

lume peu considérable de 230 litres; c'est, y compris le poids du seau, environ 2.000 kilog. à monter par semaine de la borne-fontaine à l'appartement; soit deux jours de travail. La femme chargée de ce labeur ne gagnerait-elle à travailler de son métier que 60 c. par jour, le transport de l'eau a coûté 1 fr. 25 c. par semaine.

Or, l'élévation d'un pareil volume d'eau par machine à vapeur et à une hauteur de plus de 15 m. ne coûterait qu'un peu plus de 0 fr. 005 c.

Bien plus, suivant son nouveau projet d'alimentation, la commission de salubrité se fait fort de drainer, conduire à Londres, filtrer et distribuer au 4e étage, 1,610 litres par semaine, le tout pour 0 fr. 105.

(1) Depuis que ceci a été écrit, la commission générale de salubrité (voir son rapport sur l'alimentation de Londres, 1850) a été plus loin; elle a émis l'avis formel que, pour Londres, on exécutât d'office, et sous le contrôle direct du parlement, non-seulement les travaux publics d'alimentation et d'évacuation des eaux, mais les travaux et l'installation des appareils particuliers à chaque maison, le tout couvert par une taxe annuelle dont seraient grevés les propriétaires.

Que les travaux qui ne peuvent être créés qu'en commun, tels que pavages, conduites publiques d'eau et de gaz, égouts, etc., soient volontairement exécutés

rie, soit crainte des embarras et dépenses d'un premier établissement, les propriétaires des habitations des classes pauvres ne feront pas tous et immédiatement exécuter les travaux nécessaires pour introduire dans leurs maisons l'eau qui passera devant leurs portes; et cependant on ne peut laisser plus longtemps ces classes peu aisées dans le dénûment dont elles souffrent.

Nous pensons donc que, comme complément nécessaire, et jusqu'au moment où les mœurs en progrès, de meilleures bases au crédit, ou la formation de Compagnies qui se chargeraient, moyennant redevance annuelle, de l'établissement des travaux nécessaires, auront définitivement introduit l'eau dans toutes les maisons, les communes devront prélever sur l'eau réservée aux besoins d'édilité, une portion destinée à l'alimentation gratuite des pauvres; elles devront, disons-nous, établir des bornes-fontaines dont le débit ne soit pas intermittent, et qui soient assez rapprochées pour éviter à ceux à qui elles sont destinées, une perte trop considérable de temps et de peine.

Mesure de l'abondance de l'eau.

Examinons maintenant quelle est la mesure de l'abondance de l'eau, soit pour les besoins des particuliers soit pour les besoins publics.

Quelques Ingénieurs, chargés d'établir des distributions d'eau, ont considéré ce problème comme indéterminé; comparant entre elles les consommations des diverses villes, les unes douées

---

par la communauté et leurs frais répartis entre tous ses membres, rien de plus rationnel; mais imposer à des citoyens des travaux qui ont pour objet la satisfaction de leurs propres besoins individuels, mais les rendre, qu'on nous passe l'expression, heureux malgré eux, c'est là un empiètement sur la liberté humaine, sur la propriété, que rien ne saurait justifier et dont les conséquences n'auraient point de bornes.

Nous faisons des vœux pour que l'Angleterre ne se départisse point légèrement de ce grand respect de la liberté individuelle qui a si vigoureusement trempé les hommes de ce pays; nous souhaitons aussi que nos voisins ne substituent pas étourdiment à l'initiative individuelle qui a fait de la Grande-Bretagne le premier pays du monde, cette centralisation mal appliquée dont nous voyons, chez nous, de si tristes résultats.

de quantités ridiculement minimes, les autres d'une alimentation fastueuse, s'appuyant en outre sur ce que d'année en année les demandes des municipalités ont été croissant; qu'à Lyon, elles ont été en augmentant de 150 pouces à 1,500 pouces; qu'à Paris, on a d'abord estimé que 10 litres étaient suffisants pour les besoins journaliers de chacun des habitants; que cette estimation a été grossie successivement jusqu'à 58 litres, ils en ont induit que le besoin d'eau est comme celui du luxe et de la richesse, qu'il croît avec la quantité possédée.

C'est là une erreur : le bien-être, la richesse, le luxe, n'ont pas de limites, parce que leurs éléments constituants vont sans cesse croissant en nombre; mais pour chacun d'eux pris isolément, il existe une limite supérieure, assez rapprochée lorsque cet élément est appelé à satisfaire à l'un des besoins essentiels de notre nature.

Ainsi, quelque augmentation qu'éprouve sa fortune, un homme déjà riche ne consommera pas un grain de blé de plus.

Considérons d'abord la consommation d'eau individuelle : il y a pour elle un minimum nécessaire au soutien de l'existence. Dans la marine, où le pain est fait à l'avance, où l'on ne lave le linge et ne nettoie à fond le navire qu'en relâche, la consommation de chaque homme est réglée à environ 3 litres par jour; on peut donc estimer à environ 5 litres, la limite inférieure de la consommation d'eau.

Mesure des besoins particuliers.

Mais quelle est la limite supérieure ?

Pour la déterminer, il ne faut chercher d'exemples qu'en Angleterre. Dans les autres contrées, il existe généralement des distributions d'eau gratuite; il devient donc impossible de faire la séparation exacte des besoins publics et des besoins particuliers. En Angleterre, au contraire, l'eau gratuite est l'exception; dans un assez grand nombre de villes, les Compagnies sont exclusivement chargées de la distribution; les besoins y ont été donc analysés, mesurés à loisir, avec une exactitude d'autant plus rigoureuse, qu'un grand nombre d'habitants riches

traitent pour des quantités illimitées d'eau livrées à tous les étages de leurs habitations, et que dans ces conditions il n'est plus possible d'objecter que la consommation est restreinte par le prix ou la difficulté de l'obtenir.

Or, M. R. Thom (1), l'un des hommes les plus compétents et les plus expérimentés en matière d'alimentation, évalue à environ 58 litres par tête et par jour, la quantité d'eau maximum que réclame une abondante et large distribution.

Il appuie son opinion sur un fait péremptoire, c'est qu'à Greenock et Paisley, villes d'Ecosse où les tuyaux sont toujours en charge et où la consommation n'est soumise à aucune limite, il n'est usé cependant que 54 litres environ par personne; il ajoute qu'en général, il ne faut accepter qu'avec défiance les chiffres de consommation exagérée attribuée à certaines villes, qu'il est rare en effet que, en raison des mauvaises dispositions et des pertes de toute nature, les consommateurs reçoivent en réalité toute l'eau qu'on imagine leur être servie (2).

---

(1) Voir les rapports de la commission générale de salubrité, déjà cités.

(2) En entrant dans le détail de la consommation des particuliers, il est facile de se convaincre que le chiffre de 54 litres est considérable.

Nous donnerons pour exemple d'une semblable décomposition, les calculs présentés par M. Gravatt lors de l'enquête de 1844 :

Pour une famille d'ouvriers aisés et très-propres, composée de la mère, du père, d'une fille nubile et de deux autres enfants, il estime ainsi la consommation hebdomadaire :

Lavage des légumes	63 litres
Thé et lavage d'ustensiles.	64
Cuisson des légumes et autres mets..	64
Propreté personnelle.	127
Lavage des planchers des deux chambres, une fois par semaine.	45
Blanchissage du linge et des vêtements.	227
Arrosage d'un jardinet..	45
Total. . . .	635 soit par jour et par tête 18 litres

Aux chiffres présentés par M. Gravatt, nous ajouterons :

Pour Watercloset, environ.	4
Bains	3
Usages industriels (à Londres, ils n'exigent en ce moment que 8 litres)	15
Total.	40 litres

Dans ce dernier chiffre tout est compris sauf les quantités nécessaires aux

Cette question a d'ailleurs été débattue contradictoirement devant les commissaires de l'enquête Anglaise ; ils ont décidé en dernier ressort, que la quantité d'eau attribuable, par jour et par habitant, aux besoins particuliers, devait être, dans les villes où l'on dispose d'une eau abondante, de 54 litres (12 gallons) (1).

Cette base, rationnellement déterminée, nous semble à de légères différences près, pouvoir être appliquée aux villes de tout climat. Si, dans le Midi, la chaleur surexcite la consommation individuelle ; dans le Nord, la fumée, la boue, créent des besoins de propreté qui n'ont pas une influence beaucoup moindre.

Chiffre de la consommation particulière.

Nous adopterons cependant le chiffre de 70 litres, quoiqu'il soit de beaucoup au-dessus des besoins les plus larges, mais il offre l'avantage de donner toute sécurité relativement à de grands développements industriels, à l'extension de l'usage des bains, et à l'imprévu.

Mesure des besoins d'édilité.

Passons maintenant à la détermination de la quantité d'eau nécessaire aux besoins d'édilité, quantité qui est essentiellement fonction du climat, de l'étendue superficielle des places, rues et promenades, du degré de déclivité des voies publiques, enfin, des mœurs et habitudes des populations ; toutes choses variables dans des limites étendues.

---

besoins des animaux et à ceux d'irrigations des cours, jardins et façades de maisons, dépenses d'ailleurs exceptionnelles, irrégulières ou réparties sur plusieurs ménages ; d'autre part, nous avons forcé tous les chiffres de l'exemple ci-dessus.

(1) Plus récemment, la commission générale de salubrité, dans son rapport sur l'alimentation de Londres, estime que pour subvenir aux plus larges besoins des particuliers, y compris l'eau des grands consommateurs et industriels, ainsi que celle que demandera l'abolition complète des fosses, il faudra, par tête et par jour, moins de. . . . . 51 lit.

A ce nombre, elle ajoute pour nouveaux bains, nouvelles industries et éventualités. 11 80

En tout. 62 80

Curage des égouts et leur rôle.

Un élément d'une certaine importance dans cette recherche, c'est la quantité d'eau nécessaire pour le curage des égouts; volume subordonné, d'ailleurs, au rôle qu'on leur fait jouer.

Dans plusieurs villes d'Angleterre, telles que Londres, les égouts servent généralement 1° à l'assèchement ou drainage du sol de la ville, l'eau dont il est imbu venant s'infiltrer naturellement à travers les parois des égouts; 2° à l'écoulement des eaux de pluie et des boues demi-liquides qu'elles entraînent avec elles; 3° au charriage des résidus de toutes natures, provenant des cuisines, des latrines ou de toute autre origine, lesquels, mêlés aux eaux sales des maisons, sont déversés dans les égouts publics au moyen d'égouts spéciaux à chaque maison (1).

A cette nomenclature il convient d'ajouter l'entraînement des boues. Aujourd'hui elles sont encore balayées, et chargées sur voitures; mais ce procédé a été condamné par la commission générale de salubrité, et ces immondices ne tarderont sans doute pas à suivre la même voie que les autres.

A Paris, et en général sur le continent, on amasse séparément ces diverses résidus et détritus, qui sont ensuite enlevés par voitures; mais cette méthode, pénible, coûteuse, encombrante, malpropre, multiple dans ses moyens, est, qu'on nous passe l'expression, si barbare, qu'elle ne peut plus avoir longue durée, et que l'exemple de l'Angleterre sera sans doute bientôt suivi par toutes les villes bien administrées.

On peut dire que cette révolution sera partout le corollaire obligé d'une bonne distribution d'eau; car l'abondance de cette dernière détermine bientôt la création d'égouts particuliers qui, se rendant directement aux égouts publics, suppriment l'in-

---

(1) Dans la Cité de Londres (*City of London sewers — report of Mrs Walker, Cubitt and Brunel, 1848*), sur 16,000 maisons ou édifices qui la composent, 9,238, soit les 2/5ᵐᵉ environ, sont munies d'égouts spéciaux; 6,762 en sont encore dépourvues. On voit par cet exemple que le nombre des fosses ne laisse pas que d'être encore considérable à Londres.

convénient de la circulation de grands volumes d'eaux sales dans les rues ; de là à généraliser les attributions de ces égouts particuliers, il n'y a qu'un pas (1).

Utilisation du produit des égouts.

A son tour, le charriage des matières fécales dans les égouts aura pour corollaire la suppression d'un autre usage également barbare, celui de déverser le produit des égouts dans les rivières.

Cette dernière méthode présente, dès à présent, le double inconvénient de souiller les eaux de ces cours d'eau (2) et de laisser échapper, sans les utiliser, des matières fertilisantes d'une haute valeur (3). Mais l'adjonction des matières fécales rendra ces inconvénients plus palpables.

A Londres, la commission générale de salubrité s'est pronon-

---

(1) Un exemple de cette logique naturelle qui conduira infailliblement toutes les villes à recourir aux égouts pour l'enlèvement des immondices de toute origine, c'est Bruxelles.

Quoique les règlements anciens et nouveaux aient fait défense expresse de construire des latrines dépourvues de fosses d'aisances closes, cependant aujourd'hui il n'existe plus de ces réceptacles dans cette ville, et l'usage de laisser échapper les matières fécales dans les égouts a pris une extension trop grande pour être réprimé. (Voir l'*Essai sur la Construction des égouts*, par M. Versluys, inspecteur de la voirie communale de Bruxelles.)

(2) Cette pollution, qui, même en supposant que l'on puise, au-dessus de la décharge des égouts, toute l'eau dont on fait usage, n'est point indifférente en tous cas pour les villages ou villes placées en aval, vicie profondément la qualité des eaux, et cette altération se distingue facilement au microscope, souvent même au goût et à l'odorat.

La chimie est presque toujours impuissante à faire de pareilles déterminations ; cependant, à Paris, les analyses de MM. Boutron-Charlard et O. Henry, faites en 1844, par ordre du préfet de la Seine, signalent dans l'eau du pont d'Ivry et du pont Notre-Dame, des traces seulement de matières organiques, et à Chaillot des traces *très-sensibles*, outre une quantité très-supérieure de matières minéralisantes.

A Londres, l'eau de la Lambeth C^e^ qui puise dans la Tamise vis-à-vis Hungerford Market, en un endroit qui n'est point à l'abri des pollutions des égouts, a été déclarée, par la commission générale de salubrité, impropre à tout usage et dangereuse pour la santé.

(3) Les eaux sales des maisons, ainsi que les boues entraînées dans les égouts par les pluies, les balayages et les arrosages, renferment d'excellentes matières à engrais ; dans le rapport, déjà cité, des commissaires de salubrité, nous lisons qu'il tombe annuellement sur le pavé de Londres plus de 200,000 tonnes de fumier de cheval.

cée pour un système qui consisterait à pomper le produit des égouts et le diriger sur chacune des rives jusqu'à un emplacement où l'on en convertirait une portion en engrais et lâcherait l'autre dans la rivière en un point où cela ne pourrait nuire (1).

Des projets analogues ont été élaborés pour Paris et pour Bruxelles.

Il faut le dire cependant, la méthode qui consiste à faire des égouts le réceptacle unique de tous les résidus d'une ville, impose l'obligation, lorsqu'on persiste à conserver le réseau existant, d'augmenter le volume des eaux d'édilité, à l'effet de combattre par des chasses périodiques et répétées, les obstructions qui s'y manifestent infailliblement.

A Londres (2) où l'on a universalisé les fonctions des égouts, les dépôts et les infiltrations qui en sont la conséquence ont pris

---

(1) On a objecté à ce système qu'il laissait encore aller en pure perte, dans la rivière, des matières précieuses pour engrais ; mais rien n'empêcherait, si l'on en trouvait l'emploi, d'utiliser, soit pour fumer, soit pour irriguer les terres, le produit tout entier des égouts. Nous lisons dans une lettre de M. Mac-Adam à M. Darcy, que, dès aujourd'hui, une forte proportion des boues relevées dans les rues de Londres, se rend par bateaux, à une distance de 30 à 50 kilomètres de cette ville.

On a encore objecté à ce système qu'il serait difficile pour les machines de suffire les jours d'orage ; c'est là une difficulté à laquelle il est très possible de pourvoir ; mais, en la supposant pour un instant insoluble, rien n'empêcherait de laisser directement écouler à la rivière les eaux en excédant ; ce serait un inconvénient si l'on veut, mais sans importance puisqu'il serait accidentel.

(2) Sur les 321 égouts de la Cité de Londres (rapport de MM. Walker, Cubitt et Brunel, déjà cité), 101 seulement sont exempts de dépôts ; 216 sont sujets à des obstructions sérieuses par suite de l'accumulation et de la concrétion de matières de toute nature, parmi lesquelles il faut comprendre le sable et le gravier qui proviennent des rues macadamisées et dont les dépôts (qui s'élèvent jusqu'à 22 cent.) une fois tassés et mêlés à d'autres débris, ne se dispersent qu'avec une grande difficulté.

Le rapport de la commission de salubrité estime à 168 mètres cubes les accumulations mensuelles des égouts.

MM. Walker, Cubitt et Brunel pensent que si l'on veut combattre victorieusement les inconvénients que présentent les égouts de la cité, il faut : — un large afflux d'eau ; — l'organisation de nombreuses chasses, consistant dans l'établissement de réservoirs (pouvant contenir dans certains cas 37 mètres cubes), où l'on accumule l'eau, pour, à un moment donné, ouvrir les écluses et balayer les égouts ; consistant encore dans la fermeture des conduites elles-mêmes, au moyen d'un certain nombre de vannes que l'on ouvre lorsqu'il s'est accumulé

un caractère réellement inquiétant, et les dépenses de chasses et curages à la main, une extension toujours croissante.

En présence d'aussi sérieux inconvénients, pour d'autres motifs encore que nous développerons plus loin, nous n'hésitons pas à conseiller la reconstruction de la plus grande partie sinon de la totalité des égouts; il est de toute nécessité que leurs dispo-

---

par derrière une quantité d'eau suffisante; moyens, d'ailleurs, déjà appliqués à Londres, mais dont ils demandent l'extension; — enfin, l'aide régulier et constant des bras de l'homme. On voit que la conséquence de ce système, c'est le maintien des grandes sections, capables de permettre la circulation des hommes.

Ces éminents Ingénieurs, évidemment effrayés de la dépense de reconstruction des égouts de Londres, se sont exclusivement préoccupés de combattre à tout prix les inconvénients les plus palpables du réseau actuel, tout en le conservant.

Nous disons *à tout prix*, parce qu'en effet les moyens qu'ils proposent se résolvent en un entretien considérable. Les frais de chasse seuls ont été estimés par la commission de salubrité (voir le rapport déjà cité) à au moins 270 fr. par an et par kilomètre, et ce chiffre est de beaucoup dépassé dans certains districts; à quoi il faut ajouter, d'ailleurs, le curage à bras d'hommes, qui est l'élément principal de la dépense.

A Paris, le curage des égouts qui est effectué par l'action combinée des rabots mus à bras d'homme et des chasses, coûte annuellement, pour un développement total de 130 kilom. d'égouts, dont les attributions sont d'ailleurs fort bornées, une somme de 1,000 fr. par kilomètre, qui se décompose ainsi pour 1849. (Voir le rapport de M. Darcy, inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées, sur le pavage et le macadamisage) :

Ouvriers égoutiers	101,176 f.	50 c.
Eau versée aux bouches d'égouts pour assainissement.	837	50
Transport aux décharges publiques, des sables des égouts que l'on retire avec des seaux	471	25
Ouvriers blessés dans le service	620	10
Outils, bottes, etc	10,818	30
Dragages à l'embouchure des égouts	8,588	»
	122,511	65

En présence de dépenses incessantes, considérables, appliquées non pas à prévenir les dépôts et l'insalubrité qui en dérive, mais à les dissiper périodiquement, on se demande si la reconstruction ne serait pas de beaucoup préférable.

M. Versluys (*Essai sur les égouts de Bruxelles*) a proposé, et l'essai en a été fait dans cette ville, d'établir en contrebas du radier des égouts, des fosses ou citernes destinées à retenir les matières solides, que l'on vidangerait ensuite par la méthode atmosphérique ou tout autre. Ce moyen, coûteux, mal commode, ne remédie en rien au grave inconvénient d'un stationnement trop long des matières malsaines; enfin, les matières organiques dissoutes dans l'eau, qui, rationnellement, devraient être utilisées comme engrais, sont complétement négligées par ce procédé et vont empoisonner la rivière.

sitions, formes, dimensions, matériaux et pentes, concourent à l'évacuation la plus rapide possible de toutes ces matières.

Des essais faits en Angleterre avec le plus grand soin et sur une grande échelle, il paraît résulter d'autre part, qu'avec un système bien coordonné de conduites cylindriques, d'un petit diamètre, en poterie vernissée, bien emboîtées l'une dans l'autre et bien étanches, il sera possible de maintenir les égouts constamment libres sans l'aide d'un afflux d'eau spécial, et sous la seule condition que la ville soit pourvue d'une bonne distribution en mode constant.

Quoiqu'il y ait quelques réserves à faire à l'égard de ce mode de construction, auquel nous reviendrons d'ailleurs, nous pensons qu'en général, la part des eaux d'édilité applicable au curage des égouts ne saurait être considérable dans un système bien organisé.

Quelque vicieux que soit celui des égouts de Londres et quelque considérables que soient leurs obstructions, on ne dépense actuellement pour les chasser que 2,237 mètres cubes d'eau quotidiennement, soit 1 lit. 16 par habitant et jour (1).

Dans son projet d'alimentation et évacuation perfectionnées, la Commission générale de salubrité n'attribue aucune affectation d'eau spéciale au curage des égouts.

Incendies. Il est difficile de déterminer le volume d'eau applicable aux

(1) Pour Paris, il n'est pas possible de séparer les eaux servant à curer les égouts de celles qu'on emploie au lavage des ruisseaux et à la consommation des pauvres ; ces diverses eaux ont une origine commune, les bornes-fontaines, et celles qui ont lavé les ruisseaux, se rendent dans les égouts et y établissent un courant fort utile pour les maintenir libres. Toutefois, l'eau versée pour l'usage unique et spécial des égouts, coûtant annuellement 837 fr. 50 c. seulement, ne peut être évaluée à plus d'un litre par jour et par tête.

Suivant le rapport, déjà cité, de M. Darcy, les bornes-fontaines débitent journellement 19,300 mètres cubes ou par habitant et par jour environ 10 litres.

On estime d'ailleurs que pour obtenir un service satisfaisant, il faudrait porter de 1,784 à 2,737 le nombre des bornes-fontaines, et de 60 litres à 107 litres leur débit par minute.

incendies; il est probable que si toutes les rues d'une ville étaient traversées par des conduites d'eau à haute pression, sur lesquelles il fût possible de brancher des tuyaux flexibles, au premier signal du feu et avant qu'il n'eût pris de l'extension (1) la consommation afférente à ce service n'aurait qu'une faible importance.

A Paris, il n'existe point d'affectation spéciale pour cet usage.

A Londres, les incendies absorbent 628 mètres cubes en total, soit 0 lit. 33 par jour et par habitant; mais ce service laisse à désirer. Dans le nouveau projet d'alimentation de cette ville, la Commission générale de salubrité a estimé à 6 litres par jour et par habitant la part attribuable à ces sinistres; il est vrai que dans ce chiffre elle a compris diverses éventualités.

Fontaines

Les fontaines jaillissantes sont plutôt un luxe qu'un besoin; elles contribuent plus à l'embellissement des places et promenades d'une ville qu'à l'hygiène des habitants; et l'effet utile de l'eau répandue sous cette forme est beaucoup moindre que celui qu'on obtiendrait en la dépensant en arrosages.

La même observation peut s'appliquer à l'usage de faire couler l'eau dans les ruisseaux d'une ville.

Aussi à Londres et dans la plupart des villes anglaises, n'use-t-on point l'eau sous ces deux formes, et dans son nouveau projet d'alimentation de la métropole Anglaise, la Commission

---

(1) On a reconnu qu'avec une alimentation continue et à haute pression, il serait possible, à Londres, de lancer l'eau de 1 à 5 minutes après le signal du feu, c'est-à-dire en quatre fois moins de temps qu'il n'en faut aujourd'hui en moyenne aux pompes les mieux organisées pour arriver sur le lieu du sinistre et se mettre en état de fonctionner.

Avec un bon système d'alimentation, les assurances pourraient être diminuées des 2/3.

De plus, l'incendiarisme, qui n'a guère d'autre mobile que l'espoir de frauder les Compagnies d'assurance, serait complétement supprimé. (Voir le rapport sur l'alimentation de Londres, déjà cité.)

générale de salubrité n'a-t-elle point attribué un pouce d'eau à ces usages.

En ce qui concerne l'écoulement de l'eau dans les ruisseaux, nous pensons qu'il n'y a point lieu, en effet, de l'établir ou de le maintenir dans les rues d'une ville, et que l'effet qu'on en attend peut être obtenu plus complétement et à moins de frais, par l'irrigation des façades des maisons et l'arrosage des voies publiques plusieurs fois répétés dans le jour, suivant une méthode dont nous dirons quelques mots tout à l'heure.

Si, à Paris, on fait circuler l'eau dans les ruisseaux, ce n'est point dans le but de rafraîchir l'air, mais de laver ces ruisseaux, d'entraîner la boue et les détritus de toute nature qui s'y accumulent et d'établir dans les égouts où cette eau va se rendre, un courant nécessaire pour les maintenir libres ; or, la circulation dans les ruisseaux deviendrait inutile si chaque maison, bien alimentée d'ailleurs, était pourvue d'un égout souterrain branché sur l'égout public, si les égouts publics étaient construits suivant un système rationnel, perfectionné et coordonné, si enfin l'on adoptait une bonne méthode d'arrosage et d'ébouage.

Quant aux fontaines jaillissantes, nous croyons impossible de ne pas leur attribuer une part ; dans une ville méridionale surtout, la coutume, sinon le besoin, en rend l'établissement nécessaire ; mais il faut se garder d'en exagérer le nombre.

A Paris, leur nombre est de 23 ; elles débitent 13,200 mètres cubes par jour. Dans le rapport de M. Darcy que nous avons déjà cité, nous lisons que, pour rendre complet le système de fontaines jaillissantes, il faudrait en augmenter un peu la quantité et porter le débit total à 18,000 mètres cubes, soit environ 18 litres par jour et par habitant.

Arrosage et ébouage.

L'élément le plus important de la détermination du volume des eaux d'édilité, c'est l'arrosage et l'ébouage.

L'arrosage, qui a pour but d'abattre la poussière des rues, et qui devrait toujours être suivi d'un ébouage, est encore gé-

néralement opéré au moyen de la circulation d'appareils ou tonneaux, que l'on remplit d'eau aux réservoirs, aux fontaines ou aux poteaux d'arrosement.

On consomme, soit à Londres, soit à Paris, de 1 lit. à 1 lit. 25 par chaque mètre carré de surface arrosée et pour chaque arrosage. On arrose deux fois par jour pendant sept mois de l'année, chaque fois que l'état de la température l'exige.

A Londres, ce service absorbe 3,424 mètres cubes, soit 1 lit. 78 par jour et par habitant; mais quoiqu'il soit bien fait, il est loin d'être étendu à toutes les rues (1).

L'ébouage se fait à Paris au moyen de balais mus à bras d'homme; à Londres cette méthode est également prédominante; cependant, dans certains quartiers de cette ville, on se sert avec succès de la machine à balayer de Withworth, qui effectue simultanément le balayage et l'enlèvement des boues, tandis que dans le système du balayage à la main, on est forcé de les réunir en tas et de les charger ensuite sur des voitures.

Les opérations d'arrosage et d'ébouage, telles qu'on les exécute habituellement, sont notoirement malpropres et insuffisantes; il faut ajouter qu'elles coûtent fort cher.

A Londres, on peut estimer la dépense d'arrosage à environ 0 fr. 228 par mètre superficiel (2) et celle d'ébouage à environ

---

(1) Pour Paris nous manquons de renseignements suffisants pour évaluer la quantité d'eau absorbée par le service des arrosages; dans le rapport de M. Darcy nous lisons que cette eau est payée par les entrepreneurs à raison de 22,150 fr. annuellement; mais il faudrait connaître les proportions relatives d'eaux de Seine et d'Ourcq employées à ce service, les premières étant payées 0 fr. 274 et les secondes 0 fr. 137 par hectolitre.

(2) Ce chiffre se décompose ainsi qu'il suit, d'après les renseignements remis à M. Darcy par M. York, surveyor de la paroisse de St-James, renseignements basés sur une moyenne de dix années :

Eau	0.125	0.228
Chevaux, voitures, conducteurs	0.093	
Réparation des tuyaux de cuir, des coffres d'arrosage	0.010	

0 fr. 500 (1). Pour les six millions de mètres superficiels de voie publique de cette ville (trottoirs non compris), l'arrosage et l'ébouage, s'ils se faisaient complétement, coûteraient donc :

Arrosage.....	1,000,000 fr.
Ebouage.....	3,000,000
Total.....	4,000,000 fr.

A Paris, l'arrosage coûte environ 0 fr. 18 par mètre superficiel (2) ; quant à l'ébouage, il est, dans cette ville, à la charge des propriétaires ou locataires des maisons. M. Darcy, inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées, dans son rapport sur le pavage et le macadamisage, estime que si ce travail se faisait municipalement ou par les soins d'une Compagnie avec laquelle traiteraient les propriétaires ou locataires, il coûterait par mètre carré :

Balayage.....	0 f. 38 c.
Transport par voitures...	0 11
Total.....	0 f. 49 c.

D'où résulte que pour les 3,600,000 mètres superficiels des

---

(1) Nous trouvons dans le rapport de la commission de salubrité de Londres que cette dépense s'est élevée aux chiffres suivants dans l'une des paroisses de Londres, pendant une année et pour une surface de 52,471 yards :

Main-d'œuvre du balayage.....	424 livres.
Transport des détritus et des immondices (4,800 charges à 2 shillings 2 pence la charge).....	560 »
	984 livres.

(2) L'arrosage ne se fait guère que sur les quais, boulevarts et places publiques. Pour les 860,000 m. q. (y compris 70,526 mètres au bois de Boulogne) arrosés, la dépense se décompose ainsi, suivant le rapport déjà cité de M. Darcy :

Service fait par l'entrepreneur.....	104,833.00
Surveillance.....	1,373.00
Ventousiers.....	10,390.50
Service en dehors du marché.....	126.80
Eau répandue.....	2,744,15
Entretien du matériel.....	1,059.87
Eau payée à la ville.....	22,149.59
Arrosement du bois de Boulogne.....	9,197.30
TOTAL.....	151,876.21

voies publiques de Paris (trottoirs non compris) l'arrosage et l'ébouage, s'ils étaient généralement opérés, coûteraient :

Arrosage.	643,000 fr.
Ebouage.	1,764,000
Total.	2,500,000 fr.

Les procédés actuels d'assainissement des rues, multiples dans leurs moyens, encombrants, insuffisants et chers, peuvent être remplacés avec grand avantage, et ils le seront tôt ou tard, par la méthode une et simple qui consiste à brancher sur les conduites d'eau, à certaines heures, des tuyaux flexibles, lesquels projetant l'eau sur les pavés avec une forte pression, les débarrassent de la poussière et de la boue, qui sont entraînées dans les égouts.

M. Darcy estime que l'arrosage et l'ébouage de la surface entière de Londres, au lieu de 4 millions qu'il faudrait dépenser pour appliquer le système actuel, coûterait par la méthode perfectionnée, 875,000 fr. avec de l'eau à haute pression (18 m.) et 2,330,000 fr. avec de l'eau à pression moyenne (6 m.)

La Commission générale de salubrité Anglaise, qui, après avoir expérimenté sur une grande échelle cette méthode perfectionnée, a proposé de l'appliquer à Londres dans le plus bref délai possible, estime la dépense d'eau totale qu'elle exigerait pour arrosage et ébouage, à 23 lit. 60 par jour et par habitant de Londres.

Chiffre de la consommation d'édilité.

Pour résumer ce qui concerne les eaux d'édilité, nous rappellerons qu'à Londres (1) il n'est distribué en ce moment, pour le lavage des rues, le curage des égouts au moyen de chasses, et pour l'extinction des incendies, qu'un peu plus de 3 litres par tête et par jour; il est vrai que la vicieuse pratique du balayage des rues n'est point encore supprimée, et que la métropole est

(1) Voir le *Rapport de la Commission générale de salubrité sur l'alimentation de la métropole*, 1850.

mal pourvue contre les incendies ; mais le nouveau projet d'alimentation de Londres, appuyé sur une enquête faite avec un soin et un zèle admirables, et basé sur l'emploi des méthodes les plus avancées en matière de salubrité publique, évalue ainsi qu'il suit le volume total nécessaire, par tête et par jour, pour satisfaire largement aux besoins publics :

Arrosage et ébouage des rues.....	23 lit. 60 (1)
Incendies et éventualités	8
Total.....	33 litres.

Soit 50 0/0 du volume attribué, par le même projet, aux besoins des particuliers (2).

Si donc, au lieu de moitié de la quantité dévolue à ces derniers, quantité que nous avons estimée à 70 litres, nous attribuons part égale aux besoins d'édilité, nous serons certains d'avoir pourvu, et bien au-delà du nécessaire, à l'écoulement des fontaines jaillissantes qui, nous l'avons vu, ne doit guère dépasser le chiffre de 20 litres par tête et par jour ; nous serons également sûrs d'avoir réservé bien plus que ne nécessitera le curage d'un certain nombre d'égouts à grande dimension qu'il nous paraît prudent de conserver jusqu'à plus ample expérience, curage qui, d'ailleurs, n'absorberait encore qu'une quantité d'eau peu importante, quand bien même on persisterait dans le système actuel des égouts.

Nous attribuons en conséquence 70 litres aux besoins d'édilité (3) ; c'est un chiffre qui approche de ceux des projets de Lyon et de Cette.

Avant de résumer notre étude sur la mesure de l'abondance

---

(1) Ce chiffre est relatif à Londres où il n'existe que six à sept habitants par maison. A Paris et à Madrid, il y a, par maison, 34 et 25 habitants.

(2) Ce volume est estimé à 63 litres, y compris les besoins afférents à un développement éventuel des bains et des établissements industriels. (Voir le *Rapport* déjà cité *de la Commission de salubrité.*)

(3) Dans ce chiffre n'est point et ne doit point être comprise l'eau distribuée gratuitement aux classes pauvres ; cette dernière doit être prélevée sur les 70 litres par tête et par jour que nous avons attribués aux besoins particuliers.

de l'eau, et d'en conclure le chiffre total de la consommation d'une ville, nous croyons utile de faire connaître quels ils sont dans les principales cités dont l'alimentation a été observée; l'appréciation et la décomposition de ces chiffres serviront de contrôle à celui auquel nous nous sommes arrêtés, et mettront en garde contre le danger d'imiter leur élévation apparente ou exagérée.

Nous avons, en conséquence, réuni dans le tableau suivant les villes qui reçoivent les plus fortes distributions d'eau, les cités favorisées; les nombres qui y figurent comprennent à la fois l'eau des besoins particuliers et l'eau des besoins publics (1).

NOMS DES VILLES.	POPULATION	NOMBRE de LITRES DISTRIBUÉS par jour et par habitant.	COURS D'EAU sur lesquels SONT SITUÉES LES VILLES.
Rome ancienne....	1,200,000	1,084	Tibre.
Rome moderne....	136,000	1,105	Tibre.
Besançon.....	30,000	590	Canal.
New - York.....	312,000	568	»
Marseille.....	185,000	470	»
Carcassonne.....	15,500	400	Aude et canal du Languedoc.
Philadelphie.....	240,000	225	Schuylkill et Delaware.
Dijon	25,496	180	Ouche et torrent du Suzon.
Richemond.....	20,000	180	James.
Lyon	206,000	145 en projet	Rhône, Saône et sources.
Glasgow...	395,000	113	Clyde et trois canaux.
Gênes.....	90,000	110	Bisagno, Bochetta, Polievera.
Cette.....	18,000	106 en projet	»
Londres.....	1,924,000	105	Tamise et New-River.
Narbonne.....	10,500	85	Canal.
Manchester.....	180,000	84	Deux canaux et deux petits cours d'eau.
Toulouse.....	52,000	80	Garonne et canal.
Munich.....	90,000	80	Isar et canaux.
Genève.....	50,000	74	Lac Léman et Rhône.
Paris.....	1,000,000	58	Seine, Ourcq, Bièvre.

(1) Ce tableau a été composé avec les chiffres que nous avons trouvés dans le consciencieux travail de M. Terme (*Des Eaux potables, 1843*); avec ceux que nous avons extraits des documents de la grande enquête de 1844 sur la salubrité des villes Anglaises, et du rapport de la commission de salubrité sur l'alimentation de Londres; enfin, nous en devons quelques-uns à des renseignements directs.

C'est pour avoir connu les chiffres de ce tableau, sans les avoir suffisamment appréciés et analysés, que la plupart des villes qui ont récemment projeté de nouvelles alimentations, se sont presques toutes arrêtées à des volumes exagérés.

Et d'abord, ce tableau indique bien les volumes débités, mais nullement les volumes consommés.

Ainsi, à Londres, la quantité réellement consommée n'est pas moitié de la quantité délivrée par les réservoirs des Compagnies (1); il en est de même à Glasgow et dans la plupart des villes Anglaises (2), où le mode de distribution intermittente occasionne un gaspillage, un coulage énormes; de là les chiffres élevés, mais sans réalité, de l'alimentation de quelques villes du Royaume-Uni; de là les plaintes générales qui s'y font entendre, quand il y aurait peut-être excédant si les quantités officielles étaient véritablement utilisées.

Il faut également écarter Rome, ville fastueuse, dont le monde entier entretenait le luxe, et qui pouvait ne reculer devant aucune dépense pour compléter ses créations monumentales.

Besançon en France, était dans certaines conditions spéciales dont l'existence donne la clef de la profusion de quelques autres villes. Besançon avait à la faible distance de 10 kilomètres de ses murs, une eau d'une rare abondance, qu'elle pouvait dériver avec la plus grande facilité. Dans de semblables circonstances, une cité hésite rarement à faire entrer dans ses murs des quantités d'eau supérieures à ses véritables besoins; elle se donne ainsi un superflu peu coûteux, propre à subvenir aux besoins à venir d'un accroissement de population; c'est également ce qui explique la large alimentation de Carcassonne.

C'est dans une semblable prévision, favorisée d'ailleurs par l'abondant débit de cours d'eau plus ou moins voisins, que

---

(1) Rapport de la Commission de salubrité sur l'alimentation de la métropole, 1850.

(2) Voir l'enquête de 1844 sur la salubrité des villes.

New-York et Philadelphie aux Etats-Unis, Marseille (1) et Dijon en France, et tant d'autres villes, se sont décidées à verser dans leurs rues, des quantités d'eaux supérieures à leurs besoins actuels.

De ces excès d'eau, rarement alliés à un bon et suffisant égoutage, il résulte généralement une humidité et des infiltrations dangereuses pour la santé publique, et dont Rome, Londres et New-York souffrent considérablement.

Un excédant d'eau, serait-il bien et complétement évacué, présente en tous cas l'inconvénient d'un excès de dépense en égouts, conduites et appareils d'alimentation ; en outre, il produit un trop grand délayage des matières charriées dans ces égouts, d'où résulte, si l'on veut tirer partie de ces matières, une augmentation de frais, soit pour les éloigner de la ville, soit pour les convertir en engrais.

Nous croyons donc qu'il faut se garder d'imiter la profusion pour ainsi dire naturelle d'un certain nombre de villes.

---

(1) Nous ne pouvons nous dispenser de dire quelques mots de la ville de Marseille dont le projet d'alimentation, connu de MM. Rafo et de Ribera, a incontestablement influé sur le chiffre beaucoup trop élevé auquel ils se sont déterminés pour l'alimentation de Madrid.

Marseille, qui avait la faculté de puiser pour ainsi dire à discrétion dans la Durance, a fait comme toutes les villes qui ont eu les mêmes facilités naturelles, elle a exagéré le chiffre de son alimentation, ainsi que le prouve la répartition suivante des eaux qu'elle compte introduire journellement dans ses murs pour chaque tête d'habitant :

Usines et fabriques.	191 litres.
Fontaines et bornes-fontaines	166 »
Prévisions concernant les concessions particulières..	113 »

Marseille attribue 191 litres aux besoins industriels ; et Londres, où le nombre des grands consommateurs et des usines est cependant si considérable, n'en consomme que 8. (Voir le rapport déjà cité de la commission de salubrité.) Ce simple rapprochement est suffisant.

Marseille suppose que chacun de ses habitants *achètera* 113 litres par jour, tout en se proposant de déverser de l'eau gratuite par 800 bornes-fontaines et 55 fontaines monumentales!—tandis que c'est à peine si l'on peut compter, pour acheteurs, sur 1/4 des habitants d'une ville, même lorsqu'il ne s'y fait pas de distribution gratuite ; tandis qu'il a été prouvé par la minutieuse enquête à laquelle a procédé le gouvernement Anglais, que 54 litres correspondent à une consommation tout-à-fait supérieure, y compris même les besoins industriels!

Les cités Anglaises qui sont forcées d'employer des moyens mécaniques pour élever l'eau, ou obligées de recourir à des sources multiples pour compléter la quantité d'eau qui leur est nécessaire, semblent plus propres que les précédentes à nous guider dans la détermination qui nous occupe, cependant il y a, d'autre part, pour elles, présomption d'insuffisance; d'ailleurs elles peuvent se passer et se passent en effet d'eaux jaillissantes.

La vérité est donc dans un terme moyen, mais plus rapproché cependant du volume distribué dans les villes Anglaises bien pourvues, volume auquel il suffirait peut-être d'ajouter un supplément afférent au service des fontaines monumentales.

Consommation totale d'une ville.

En résumé, nous pensons que la consommation totale et quotidienne d'une ville ne saurait dépasser ni même atteindre le chiffre de 150 litres, multiplié par le nombre des habitants.

Nous avons démontré la nécessité d'alimenter les villes avec des eaux de bonne qualité et abondantes; nous avons en outre caractérisé les conditions auxquelles on reconnaît qu'une eau est abondante et pure. Nous avons ainsi fait ressortir un certain nombre de principes capables de nous guider dans la détermination du meilleur mode d'alimentation de Madrid et dans l'appréciation des moyens proposés à cet effet par MM. les Ingénieurs Juan Rafo et Juan de Ribera.

ALIMENTATION DE MADRID.

Choix du cours d'eau.

Il est pour amener l'eau dans l'enceinte d'une ville, trois systèmes principaux : 1° élévation directe par machines; 2° dérivation combinée avec élévation par machines; 3° dérivation amenant naturellement les eaux à la hauteur nécessaire.

Avantages que présentent les dérivations.

L'expérience a démontré d'une manière si décisive les nom-

breux avantages que présentent les deux derniers systèmes, mais le troisième surtout, qu'un grand nombre de villes n'ont point hésité, lorsqu'elles avaient le choix, à se prononcer pour lui, bien que la dépense qu'il devait occasionner fût supérieure.

En Amérique, Albany et Troy, situées sur l'Hudson, ont dédaigné cette rivière pour aller dériver les sources des hauteurs voisines. Philadelphie, assise sur deux rivières, use d'une eau qu'elle va chercher au loin (1).

En Angleterre et en Ecosse, plusieurs villes offrent un pareil exemple. Edimbourg s'est prononcée pour les sources qui la dominent, se réservant de se servir des cours d'eau plus ou moins troubles qui l'avoisinent, quand elle ne pourrait plus faire autrement; un grand nombre d'autres cités, quoique baignées par des rivières, ont recours à des eaux de drainage.

Londres, malgré la Tamise qui la traverse, a conduit dans son enceinte, par une dérivation de seize lieues, les eaux de la rivière Lea et de quelques sources abondantes; si cette dérivation, qui porte le nom de New-River, eût pu aborder Londres à une hauteur suffisante pour en alimenter tous les districts, et si ses eaux avaient eu une qualité supérieure à celle de la Tamise, il est certain que pas une machine à vapeur n'eût été établie dans cette capitale pour le service des eaux (2).

A Hambourg, la rivière Alster a eté dérivée récemment jusqu'au cœur de cette cité, à une hauteur d'environ $4^{m},30$ au-dessus du niveau de l'Elbe (3).

---

(1) *Des Eaux potables, 1815*, par M. Terme.

(2) La commission générale de salubrité, nous l'avons dit, a récemment proposé de renoncer à la Tamise et à la Léa, et de dériver à Londres des eaux de drainage d'une distance de 42 kilomètres.

Cet exemple, ainsi que celui des villes qui, soit en Europe, soit aux Etats-Unis, ont, en ces derniers temps, dérivé des eaux souvent fort éloignées, malgré que leurs murs fussent baignés par des rivières, démontre surabondamment l'erreur de ceux qui prétendent que c'est à l'absence de machines à vapeur et, en général, de bons appareils élévatoires, qu'il faut attribuer la pratique des dérivations naturelles, si commune dans les anciennes villes et qui a été le système favori des Romains.

(3) Rapport sur les égouts de la cité de Londres, par MM. Walker, Cubitt et Brunel, 1848.

En France, nous citerons parmi les villes alimentées par dérivation : Carcassonne, malgré l'Aude et le canal du Languedoc ; Besançon, malgré le Doubs ; Grenoble, malgré l'Isère ; Dijon, malgré l'Ouche ; Paris, qui a amené dans ses murs par une dérivation de dix-neuf lieues, 5,000 pouces de la rivière de l'Ourcq, dont elle ne consomme en ce moment que 2,200 pouces ; Paris qui n'eût jamais songé, sans la qualité inférieure des eaux de l'Ourcq, a recourir à la Seine, où l'on puise chèrement environ 600 pouces d'eau.

Les motifs déterminants sont nombreux : les rivières au point où elles baignent les grandes villes, ont en général circulé assez longtemps pour être chargées de sels, notamment de carbonates, et souillées des matières animales et végétales que les eaux de pluie empruntent aux terrains cultivés. Elles sont le plus souvent troubles pendant les hautes eaux et chaudes en été ; or, nous avons fait voir surabondamment que la fraîcheur de l'eau est une qualité indispensable, et que sa filtration, aussi bien que son épuration chimique, sont économiquement impossibles.

La pression naturelle qui est l'apanage du troisième système d'alimentation, permet, sans frais aucuns, de tenir les tuyaux de distribution constamment en charge, et d'élever l'eau jusque dans l'intérieur des habitations. Ajoutons que ces alimentations ont une durée, une existence pour ainsi dire perpétuelle, qu'elles ne peuvent être arrêtées ni par la guerre, ni par le délabrement des finances, ni par les accidents. Enfin, s'il est vrai que ce système demande généralement l'émission d'un capital de fondation considérable, il ne faut pas oublier, d'autre part, que les machines exigent un entretien et un renouvellement considérables ; que les appareils de filtration, même les plus incomplets, nécessitent l'acquisition de vastes terrains, de vastes constructions, une main-d'œuvre et un entretien coûteux ; enfin que, s'il s'agit de machines à vapeur, il y a lieu à une consommation de combustible incessante ; le dé-

veloppement de la richesse, de l'industrie d'une nation, tend à abaisser, par des gradations successives, le taux de l'intérêt des capitaux, tandis qu'il n'y a nulle atténuation à espérer dans l'avenir, pour les frais de main-d'œuvre et d'entretien.

Le Manzanares baigne les murs de Madrid; mais son volume et sa pente y sont trop faibles pour qu'on puisse en extraire une suffisante quantité d'eau au moyen d'appareils hydrauliques; d'autre part le combustible est, dans cette ville, d'un prix fort élevé; enfin, le Manzanares est parfois presque à sec; — on ne peut donc hésiter, il faut recourir à une dérivation.

Préférence à accorder au Lozoya.

Le choix entre les divers cours d'eau qui avoisinent Madrid, à savoir, le Guadarrama, le Manzanares, le Guadalix, le Lozoya et le Jarama, ne présente pas beaucoup plus de difficultés (1).

Le Lozoya, parmi ces cinq rivières, est la plus pure, la plus fraîche, et ce sont là, nous l'avons vu, des considérations tout-à-fait déterminantes.

Sa pureté.

La pureté du Lozoya emprunte une certitude incontestable au rapprochement suivant (2) :

---

(1) Nous ne mentionnons même point, ici, l'alimentation par drainage, parce que c'est une méthode que les villes ne doivent employer qu'à défaut d'un bon cours d'eau dans leur voisinage. Cette méthode, à cause de l'irrégularité des pluies, entraîne d'ailleurs avec elle l'obligation de faire faire à l'eau de longs séjours dans de vastes réservoirs.

(2) Voici, une fois pour toutes, le rapport qui existe entre les principales mesures ou monnaies françaises et espagnoles :

Pied. . . . . 0m, 282 655.
Pied cube. . . . . 0m3, 022 lit. 4257.
Réal fontainier. . . . . 3m3, 380 lit. 2816.
Cuve. . . . . 0m3, 033 lit. 8028.
Lieue espagnole=20000 pieds=5,652 mètres.
Le réal est compté à 0 fr. 26 c. 5 mil.

		Sur un litre.	
		Résidu salin total.	Carbonate de chaux (1).
Eau consommée à Paris	Seine en amont. . . .	0.162	0.090
	Arcueil.	0.466	0.110
	Canal de l'Ourcq. . .	0.415	0.111
—	Bordeaux.—Garonne.	0.152	
—	Montpellier.	0.263	0.212
— Lyon.	Sources	0.251	0.223
	Rhône (hiver)	0.182	0.150
—	Kingston.—Hull	0.200	
—	Londres.— Tamise		0.229
—	Edimbourg.		0.072
—	Glasgow.		0.063
—	Manchester.		0.168
—	Clifton.		0.253
—	Moyenne générale d'un très-grand nombre de villes Anglaises dont l'alimentation est réputée bonne.		0.114
—	Sunderland. — Eau de sondage réputée excellente. . . .		0.100
	Lozoya	0.024	0.0064
			Air atmosphérique.
— Paris. . .	Seine		0.003
	Arcueil.		0.004
	Lozoya.		0.020

Ainsi les eaux du Lozoya ont un avantage énorme sur toutes les eaux que nous avons mises en parallèle, et cependant ces eaux, à l'exception de celles d'Arcueil, de l'Ourcq et de la Tamise, passent pour être de bonne qualité, notamment celle de la Seine.

Son débit.

Une circonstance qui enlève toute hésitation à choisir le Lozoya, c'est son débit. Pas un des quatre autres cours d'eau les plus rapprochés de Madrid ne donne un volume d'eau suffisant, aux points où l'on devrait les dériver; le Lozoya n'est d'ailleurs point sujet, comme ses concurrents, à des baisses extraordinaires qui, dans certaines années, les mettent à peu de chose près à sec. A défaut du Lozoya, on serait donc obligé de recourir à deux cours d'eau à la fois, c'est-à-dire à deux dérivations; nous n'avons pas besoin d'insister sur les inconvénients qui en résulteraient.

(1) En Angleterre, c'est la quantité de carbonate de chaux en dissolution dans l'eau qui sert de mesure à sa crudité, à sa dureté (*hardness*). Un degré de crudité y équivaut à un grain par gallon (0 gr.. 014 par litre.)

Établissement de la dérivation du Lozoya.

Point de départ de la dérivation.

La première question que soulève la construction de la dérivation du Lozoya, c'est la détermination de son point de départ. Ici encore point d'hésitation ; la pureté, la fraîcheur, la limpidité du Lozoya, sont des qualités qu'il faut lui conserver à tout prix ; la dérivation devra donc avoir sa prise au-dessus du Ponton de la Oliva. Jusque là, son parcours à travers des roches l'a garantie de toute influence étrangère ; plus loin, cette même eau, dans le canal de Cabarrus, après un parcours de 6,357 kilomètres seulement, donne à l'évaporation un résidu de 0$^{gr.}$,037 par litre, au lieu de 0$^{gr.}$,024 ; en faisant la prise plus bas, on se mettrait d'ailleurs dans la nécessité de filtrer l'eau dans la saison des pluies, et l'on sait si cela est financièrement praticable.

Son débit minimum.

La seconde question, c'est celle de la quantité d'eau que devra débiter la dérivation du Lozoya.

Le volume tout entier du Lozoya à l'étiage est, au Ponton de la Oliva, de 60,370 mètres cubes en vingt-quatre heures, soit, par chaque habitant de Madrid, 300 litres par jour.

Ce volume déversé dans la dérivation sera-t-il suffisant pour pourvoir à tous les besoins de Madrid? Nous n'hésitons pas à nous prononcer pour l'affirmative.

MM. les Ingénieurs Rafo et de Ribera ont fixé à un chiffre plus élevé le débit minimum de la dérivation, à savoir 97,350 mètres cubes en vingt-quatre heures, soit, par chaque habitant de Madrid, 487 litres par jour.

Nous pensons qu'ils ont été involontairement préoccupés par les alimentations fastueuses de quelques villes d'Europe ou des États-Unis ; New-Yorck et Marseille n'ont certainement point été sans influence sur le chiffre qu'ils ont adopté. Or, nous le répétons, lorsque le cours d'eau dérivé pour les besoins d'une

ville, présente un volume considérable, et qu'il est possible d'y puiser, pour ainsi dire, sans compter, la mesure de l'eau que s'approprie cette ville ne peut point être prise pour celle de ses véritables besoins; toujours, dans de telles circonstances, il y a prodigalité.

Mais Madrid est mal favorisée de la nature sous le rapport de l'abondance des eaux; elle n'a pas une rivière considérable à sa portée; le volume total de tous les cours d'eau qui l'avoisinent ne présente encore qu'un chiffre médiocre. Cette ville ne peut point exiger une quantité d'eau qu'elle ne saurait acquérir qu'en sacrifiant la qualité ou en s'imposant d'énormes dépenses. Il faut avoir conquis le monde entier et se plaire aux naumachies, pour jeter dans une alimentation d'eau tout-à-fait disproportionnée avec ses besoins, les énormes sommes que l'antique Rome a consacrées à ses aqueducs.

C'est d'une analyse positive que l'on doit induire la quantité d'eau nécessaire à une ville; et l'on ne manque, pour y procéder, ni de faits, ni d'observations, ni de chiffres.

En opérant ainsi, nous sommes arrivés, dans les considérations générales qui précèdent, à la limite supérieure de 150 litres par jour et par habitant, pour les besoins particuliers et publics d'une ville placée à une latitude méridionale.

Mais augmentons encore ce chiffre, si l'on tient absolument à avoir du superflu ou si l'on veut pourvoir à un grand accroissement éventuel de population, et portons à 200 litres pas jour et par habitant les consommations réunies des particulierr et de l'édilité, de manière à dériver dans les rues de Madrid plus que de l'abondance; — nous n'aurons encore absorbé que les deux tiers de ce que débite le Lozoya aux basses eaux, et nous pourrons disposer du tiers restant, pour les irrigations des terrains desséchés qui forment la banlieue de Madrid.

Ainsi le débit journalier, naturel, du Lozoya, pendant l'étiage, est suffisant pour subvenir largement à tous les besoins de Madrid; le minimum du débit de la dérivation pourra donc ne

point surpasser le volume que conserve la rivière aux basses eaux.

Voici, pendant les cent jours de cette période, quelle pourra être la répartition des eaux de la dérivation :

Besoins des particuliers..	17,103$^{m.3}$	par jour, soit 85 litres par habitant.
id. d'édilité.	23,143	
Irrigations de la banlieue.	20,124	
TOTAL. . .	60,370	

A cette quantité, il convient d'ajouter celle dont Madrid dispose couramment dès aujourd'hui, et qui, pour la consommation des particuliers seulement, s'élève à 1,521 mètres cubes par jour (1).

Enfin, pendant 265 jours de l'année, la quantité d'eau dont on pourra disposer sera bien supérieure encore, et la dérivation pourra facilement livrer, au lieu de 60,370 mètres cubes, la quantité considérable de 108,000 mètres cubes par jour.

On voit en résumé qu'il est possible d'obtenir à Madrid, avec une seule dérivation, sinon une profusion d'eau, au moins des quantités de liquide supérieures au cube distribué dans un grand nombre de villes qui passent pour richement alimentées.

Inconvénients des réservoirs.

MM. les Ingénieurs Rafo et de Ribera ont indiqué le moyen de faire rendre à la dérivation non pas 60,370, mais 97,350 mètres cubes par jour. A cet effet, ils proposent d'établir dans le lit du Lozoya, en amont de la prise, de vastes réservoirs qui se remplissent pendant le printemps, à l'époque des hautes eaux, et se dégorgent pendant l'étiage, de façon à conserver d'une manière constante un débit moyen fort élevé.

Mais un pareil expédient fait pis qu'imposer des sacrifices

(1) Les porteurs d'eau tirent des fontaines publiques 36,000 cuves =. . . . . 1,216,901 lit.
Les particuliers. 304,225
1,521,126

d'argent, il sacrifie la bonne qualité de l'eau ; en un mot, il est inacceptable, et la question est assez importante pour que nous le démontrions avec quelques développements.

L'eau qu'il s'agit de fournir aux habitans de Madrid doit être fraîche, doit être pure ; il semble que le simple énoncé de ces conditions suffise à prouver l'impossibilité de laisser stationner pendant longtemps un amas de quatre millions et demi de mètres cubes, sous le ciel d'Espagne et pendant la saison chaude. Cependant, non contents de ce que nous avons développé à cet égard dans nos considérations générales, nous allons citer de nombreux exemples propres à rendre cette impossibilité plus palpable.

A Toulouse où, comme nous l'avons expliqué, l'eau de la rivière est infiltrée dans de vastes puisards, au travers d'une couche d'alluvion, l'on ne songea pas dès l'abord à couvrir ces réservoirs ; voici ce qui en resulta ; nous laissons parler M. d'Aubuisson : « Les rayons du soleil y développaient une forte cha» leur, laquelle était encore augmentée par l'effet et la réverbé» ration des bords et des digues. Par suite, la végétation y » acquit une vigueur extrême. Les divers moyens employés » pour la détruire furent sans effet ; des reptiles s'y joignirent, » et ces plantes, ces animaux, en mourant et en se putréfiant dans » une eau tiède, la rendaient très-mauvaise. Il fallait se presser » de porter un remède au mal ; encore un an, et il eût été into» lérable. L'eau était très-bonne en entrant dans le réservoir et » viciée quand elle en sortait ; la forte chaleur et la lumière en » étaient la cause manifeste ; il fallait l'attaquer ; on ne le pou» vait qu'en couvrant le réservoir ; j'en émis l'idée. »

Cette idée fut en effet réalisée, et M. d'Aubuisson ajoute : « Depuis qu'il a été ainsi disposé, la qualité de ses eaux s'est » non-seulement rétablie, mais encore améliorée, la limpidité » et la saveur en sont parfaites. »

On va voir maintenant comment l'eau stationnaire se com-

porte à Lyon, sous un ciel moins méridional cependant que celui de Toulouse.

Une partie des fontaines de la ville était alimentée par un grand bassin placé au Jardin des Plantes, alimenté lui-même par le Rhône ; l'eau n'y stationnait que sept jours et demi. Pourtant les habitants du quartier se plaignirent bientôt de la mauvaise qualité, du mauvais goût et de la mauvaise odeur de cette eau. M. le docteur Dupasquier, professeur de chimie à l'école de médecine, fut préposé à l'examen des faits (1) ; ses conclusions furent que cet état de choses provenait de ce que le bassin était découvert ; le limon de l'eau s'y déposait petit à petit. « A ce limon viennent se joindre encore, dit-il, la pous-» sière, les feuilles et les débris de toutes sortes qu'y apportent » les vents. Si l'on ajoute à cela que des poissons originaires » du Rhône y déposent leurs excrétions, que des myriades d'in-» sectes et d'infusoires sans nombre y laissent leurs dépouilles, » que des conferves et autres végétaux aquatiques en tapissent » les parois, et que ces débris s'y accumulent et s'y décomposent » avec ceux des autres matières organiques, on ne pourra moins » faire que d'assimiler ce bassin (quand il n'a pas été curé de-» puis quelque temps) à une sorte de marécage, et son eau à » une veritable eau marécageuse.

» L'eau qui est fournie par une machine hydraulique à un » certain nombre de fontaines sans communications avec le » Jardin des Plantes, ne diffère en rien de l'eau prise dans le » courant du Rhône ; elle n'est pas marécageuse et ne présente » d'autre saveur que celle produite par les matières terreuses » que l'eau du fleuve tient ordinairement en suspension. Celle » du bassin, au contraire, comme il est facile de s'en assurer » par une simple dégustation, est infecte, désagréable à boire, » marécageuse. C'est donc bien réellement dans le bassin que » celle-ci s'altère, prend une saveur repoussante et devient » insalubre.

(1) Voir *Des Eaux potables*, 1843, par M. Terme.

» J'ai dit insalubre, et je n'ai pas besoin de justifier cette » expression, car personne n'ignore que l'usage d'une eau sem- » blable à celle fournie en ce moment par plusieurs fontaines » du quartier du Jardin des Plantes, est dangereuse pour la » santé. La boisson des eaux qui sont ainsi infectées ne produit » pas, il est vrai, des maladies immédiates, mais elle amène » peu à peu un trouble des fonctions digestives, l'altération » lente du sang et de toute l'organisation, et finalement ces « affections dites putrides, ces fièvres graves que la médecine » peut combattre, mais qu'elle n'est que trop souvent impuis- » sante à guérir. »

M. Terme, médecin et maire de Lyon, après avoir cité l'exemple qui précède, ajoute dans un opuscule publié sur l'alimentation de cette ville (1) : « Les phénomènes physiques dont le » bassin du Jardin des Plantes a été le siége et qui ont produit » l'infection de l'eau, doivent être attribués pour la plupart à » l'action de la chaleur atmosphérique s'exerçant avec une » grande force sur un liquide immobile.

» L'expérience prouve jusqu'à la dernière évidence que le climat » de Lyon nous interdit l'emploi des grands bassins découverts.»

Voici donc l'usage des bassins découverts condamné, même lorsqu'il ne s'agit que d'y laisser stationner l'eau sept ou huit jours, même lorsqu'ils sont placés sous au ciel aussi pluvieux que celui de Lyon.

Pour en terminer avec cette ville, nous ajouterons que M. Terme, se basant sur la dépense du curage du bassin du Jardin des Plantes, n'estimait pas à moins de 60,000 francs la dépense annuelle de curage d'un bassin renfermant seulement 9,000 mètres cubes, et MM. Rafo et de Ribera ont projeté un bassin qui renferme à lui seul 4,500,000 mètres cubes !

Ce n'est donc pas seulement le sacrifice de la bonne qualité de l'eau qu'entraînerait le système dont nous cherchons à démontrer les inconvénients !

---

(1) *Des Eaux potables*, 1843.

Le climat du Nord, lui-même, s'oppose à ce que l'eau soit tenue au repos à ciel ouvert.

A Manchester, où l'on a construit un vaste bassin de vingt-quatre hectares où se rendent les eaux de pluie et celles de diverses sources du voisinage, les habitants, et cela a été révélé par M. l'Ingénieur Mallet, se servent, pour la boisson et le blanchissage, des eaux de pluie qu'ils recueillent dans leurs demeures, ou d'eau de puits ; l'action du soleil sur le grand bassin en rend l'eau impotable, quoique ses rayons soient adoucis par les brumes du Nord.

Dans l'enquête faite sur la salubrité des villes Anglaises, il a été constaté que, dans les réservoirs établis pour le dépôt des particules limoneuses de l'eau, la vie animalculaire, signe certain de décomposition, était à peu près générale.

Le stationnement que les eaux subissent presque partout, en Angleterre, avant d'être consommées, en altère assez la bonne qualité, [pour que l'on attribue en partie à cette cause les habitudes] d'intempérance d'une partie notable de la population, à laquelle l'usage de l'eau pure, comme boisson, est pour ainsi dire inconnu.

Ainsi, en résumé, altération de la pureté, de la limpidité et de l'inodorance de l'eau, tel serait le premier résultat de l'établissement de bassins dans le lit du Lozoya ; il faut ajouter à ces inconvénients si graves, les dépenses du curage et de filtrage qui en seraient la conséquence forcée.

Nous ne terminerons pas sur ce point sans ajouter que la profondeur d'un réservoir, quoiqu'elle offre l'avantage de maintenir plus fraîches les couches inférieures de l'eau, ne suffit pas à les préserver des inconvénients que nous avons signalés. Le développement des végétations et les altérations qu'occasionnent la chaleur de l'air et le soleil, se manifestent dans les parties supérieures et se propagent avec une grande rapidité dans la masse.

Au reste, nous n'avons point épuisé tous les exemples capables de faire renoncer à cette disposition du projet ; nous

allons prouver que l'eau, même lorsqu'elle est en mouvement, ne conserve que difficilement les divers caractères qui constituent sa bonne qualité, pour peu qu'on la fasse circuler à ciel ouvert sous un ciel ardent.

Nécessité d'un aqueduc couvert.

Ce sera prouver, en même temps, que si le projet de l'établissement de réservoirs dans le lit du Lozoya doit être complétement rejeté, il en doit être de même de l'idée d'établir, à ciel ouvert, la conduite de dérivation.

A ciel ouvert, l'eau subit l'influence de toutes les variations de la température : elle gèle en hiver, elle est chaude en été; l'évaporation est considérable, d'où résulte souvent un accroissement d'impureté chimique ; plus souvent encore cette évaporation favorise la création de dépôts qui, activés par les variations de température, ne tardent pas à obstruer le conduit; il s'y développe des végétations qui viennent diminuer la vitesse d'écoulement et obligent à forcer les dimensions de la section. L'eau est souillée par des impuretés de toute nature qui y tombent ; sa qualité en est altérée.

Les réparations de la maçonnerie sont fréquentes et coûteuses. Les curages annuels interrompent le service pendant une période assez longue et troublent l'eau pour un temps assez long ; enfin, ce système exige une surveillance coûteuse.

Voici les renseignements que donnait, il y a quelques années, sur l'aqueduc découvert de Gênes, M. le général du génie Chiodo (1) : « Un curage de l'aqueduc a lieu tous les ans dans le » mois de mai et dure ordinairement quinze jours pendant » lesquels la distribution des eaux est entièrement suspendue.

» L'eau de l'aqueduc, en général coule à découvert, quoiqu'il » y en ait des portions couvertes en dalles et voûtées, et même » en galerie. Il y a longtemps qu'on parle de couvrir entière- » ment l'aqueduc, afin qu'il y ait moins d'évaporation et pour

(1) Voir sa lettre au maire de Lyon; *Des Eaux potables*, 1843, par M. Terme.

» avoir l'eau plus fraîche en été, sa température étant dans » cette saison beaucoup plus élevée que pendant l'hiver. On ne » sait quand ce projet se réalisera.

» Il y a peu de maisons sans citernes. Elles sont alimentées » par l'aqueduc; on les remplit ordinairement dans les mois d'hi- » ver pour avoir de l'eau fraîche en été quand celle de l'aqueduc » est chaude, au moins pour boire. »

Ainsi, faute d'avoir un aqueduc couvert, les habitants de Gênes sont forcés de boire l'eau de citerne, et l'on sait combien cette eau est malsaine (1).

Dijon, au contraire, ayant un aqueduc fermé, reçoit dans son enceinte des eaux toujours fraîches et qui conservent, l'hiver, une température de 11° de chaleur, alors même que le thermomètre descend à 15 et 16° centigrades au-dessous de 0.

Un avantage précieux que présentent encore les aqueducs couverts et enterrés, c'est que la maçonnerie se solidifie peu à peu pour arriver à une sorte de compacité presque semblable à celle des poudingues naturels. Il en résulte pour ces galeries une sorte de perpétuité qui a permis de ressusciter avec la plus grande facilité certaines conduites romaines.

A Tlemcen, ville d'Afrique, il existe un aqueduc souterrain tellement ancien qu'on ignore complétement d'où il tire les eaux qu'il conduit.

Il ne faut pas se le dissimuler, avec des réservoirs dans le lit du Lozoya et une conduite découverte, on n'amènerait à Madrid que des eaux chaudes et gâtées, et l'on n'en doutera pas, quand on saura que le Rhône, dont les eaux ont une vitesse considérable, prend fréquemment en été une température de

(1) La mauvaise qualité des eaux de la Léa qui sont amenées à Londres par une dérivation de seize lieues, provient en partie de ce que cette dernière est à ciel ouvert.

Il en est de même, en Angleterre, pour divers autres canaux dont les eaux, pures à leur départ, arrivent fétides et impropres à la boisson. (Voir le rapport, déjà cité, sur l'alimentation de la métropole Anglaise.)

24° centigrades, quoiqu'à Lyon, le thermomètre ne s'élève pas à plus de 30 et 33° centigrades.

MM. les Ingénieurs Rafo et de Ribera connaissaient parfaitement tous les inconvénients des conduites découvertes. Ils ont persisté néanmoins, par raison d'économie, dans le choix d'une rigole à ciel ouvert.

Nous ne croyons pas leur détermination suffisamment motivée. Que Marseille, qui d'ailleurs n'est point une capitale, ait reculé devant l'établissement d'une conduite couverte, on le comprend aisément. La dérivation de la Durance débite aux basses eaux, non pas $0^{m3},700$, ainsi qu'il en serait pour celle du Lozoya, mais l'énorme volume de $5^{m3},75$ par seconde; il en résulte des dimensions considérables, et, couvert, ce canal, déjà grevé par des travaux d'art difficiles et importants, eût coûté des sommes énormes.

Mais la conduite du Lozoya peut être réduite à une faible section. Il ne faut pas perdre de vue d'ailleurs qu'elle est appelée à alimenter la capitale de l'Espagne, une ville habituée à consommer des eaux fraîches, pures et limpides; et que tout moyen qui n'assurerait point à l'eau dérivée ces traits caractéristiques d'une bonne qualité, doit être rejeté comme n'atteignant nullement le but indiqué, comme ne résolvant en aucune façon le problème qui était proposé.

Enfin, il ne s'agit pas de suivre les errements des Compagnies financières, exclusivement préoccupées, sous le vicieux régime des concessions temporaires, de réduire leur capital de fondation et auxquelles il importe peu que les travaux durent beaucoup au-delà du terme de leur concession, — mais d'un travail aux charges duquel la communauté devra certainement contribuer; d'une œuvre en quelque sorte éternelle. Pour des créations de cette nature, le capital premier perd en importance tout ce qu'en prennent les réparations, l'entretien, la surveillance, les curages, les filtrages, lorsque ces opérations doivent être incessamment répétées pendant un nombre d'années indéterminé.

Ce sont ces éléments de dépense sans cesse renaissants qu'il

faut réduire ou supprimer à l'avance, par une bonne constitution de travaux, par des constructions faites sur une base large et rationnelle ; en se rappelant d'ailleurs que l'intérêt de ce capital de premier établissement ne peut que s'amoindrir avec le développement que le temps apporte infailliblement à la richesse, au travail et à la circulation des produits.

Il s'agit maintenant de déterminer approximativement les dépenses qu'occasionnerait la construction d'un aqueduc entièrement couvert, qui prendrait l'eau du Lozoya au-dessus du Ponton de la Oliva.

Nous commencerons par décrire en termes généraux le tracé de la dérivation, sa pente, les dimensions de la conduite et son mode de construction.

Tracé de la dérivation et sa pente.

De la reconnaissance faite entre Madrid et le Ponton de la Oliva, il résulte qu'entre la cote du sol de la porte Santa-Barbara et celle d'une roche placée au bord du Lozoya, contre le Ponton de la Oliva, à $3^m,45$ environ au-dessus des eaux de la rivière, il y a une différence totale de $30^m,35$, soit $0^m,0003$ par mètre pour la distance entière de 101,000 mètres. Mais on ne peut disposer de toute cette pente pour le canal, parce que, d'une part, il faut attribuer une certaine profondeur au réservoir où se rendront les eaux avant leur distribution dans la ville, et que, de l'autre, le sol de la porte Santa-Barbara est plus bas que le troisième étage des maisons situées aux points les plus élevés de la ville.

Nous pensons qu'il est possible de diminuer les dimensions que MM. Rafo et de Ribera ont adoptées pour le réservoir, et conséquemment sa profondeur. C'est à tort que l'on y ferait séjourner l'eau ; elle s'y échaufferait et s'y corromprait ; il ne doit contenir que la consommation d'un jour environ.

En réduisant à leur plus simple expression cette hauteur et celle qui a été réservée pour les pertes de charges provenant de

la résistance de l'eau, il ne reste encore que 21m,86 de pente réellement disponible, soit 0m,0002 par mètre.

Cette pente nécessiterait pour la conduite des dimensions trop considérables.

MM. Rafo et de Ribera, pour surmonter cette difficulté, tout en laissant la prise au Ponton même de la Oliva, surélèvent cette prise à une hauteur considérable, ce qui les oblige à la construction d'un barrage de 32m,50 au-dessus du fond de la rivière.

La raison la plus concluante qu'ils allèguent à l'appui du maintien de la prise au Ponton de la Oliva, c'est que c'est le seul point de la rivière où il leur soit possible d'établir un vaste réservoir capable de contenir les 4,500,000 mètres cubes qu'ils retiennent pour les débiter pendant l'étiage. Le barrage établi au petit pont leur sert donc à deux fins.

Mais nous avons fait ressortir tous les inconvénients qui résultent de ce stationnement de l'eau dans une saison brûlante; nous avons dit que cette eau n'arriverait que tiède à Madrid, tandis qu'elle devrait, en bonne hygiène, ne point dépasser une température de 10° centigrades; nous ne saurions donc être arrêtés par les motifs qui retiennent MM. Rafo et de Ribera au Ponton de la Oliva; et nous croyons préférable, nécessaire même, de porter la prise en amont de ce point.

Le lit du Lozoya présente une pente de 0m,0053 par mètre; il suffirait donc de remonter la prise de 6,000 mètres environ pour gagner 32 mètres de hauteur et obtenir une pente moyenne de 0m,0005 par mètre pour un parcours total de 107,000 mètres.

A cette solution, il n'y a pas d'autre obstacle que quelques difficultés de terrain qui n'ont rien de très-sérieux.

Si nous nous basons sur une pente moyenne de 0m,0005 par mètre, et si nous donnons à la conduite une largeur intérieure de 1m,50 (fig. 1), l'eau s'élèverait à une hauteur de 0m,20 au-dessus du centre de cette conduite et prendrait une vitesse de 0m,80, pour le débit maximum, de 1m³,250 par seconde. Pendant l'étiage, l'eau resterait à 0m,20 au-dessous du centre

Dimensions de la Conduite.

Fig. 1.

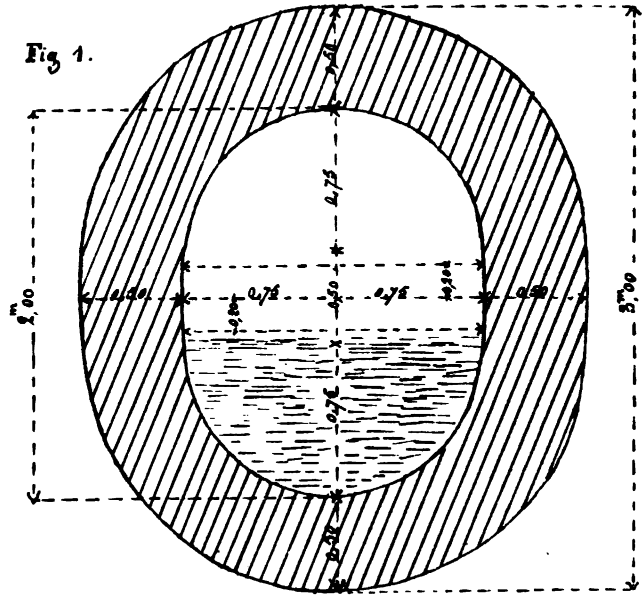
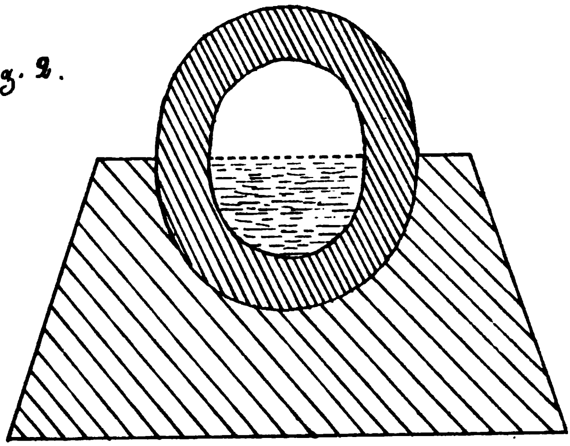


Fig. 2.



de la conduite et n'aurait plus qu'une vitesse de $0^m,60$ pour un débit d'environ $0^{m3},700$ par seconde; — ces vitesses sont suffisantes.

En temps d'étiage, lorsque la conduite débiterait le minimum de $0^{m3},700$, l'aire du profil de l'eau serait de $1^{m2},183$, et le périmètre mouillé de $2^m,755$.

La conduite serait en beton d'une épaisseur de $0^m,50$. Sa construction serait facile et peu coûteuse.

La pierre ne manque point sur les lieux, et le cassage est une opération qu'on est habitué à faire en Espagne, pour la construction des routes.

La fabrication de la chaux hydraulique nécessiterait seule des connaissances et une pratique spéciales.

Mode de construction.

Ce mode de construction pourrait être susceptible d'une grande simplicité. Le beton, fabriqué par des machines mues à bras d'hommes ou par des manéges à chevaux, serait versé dans une forme qui, à l'intérieur comme à l'extérieur, affecterait celle de la construction. Elle serait faite en planches et serait retirée trois ou quatre jours après la pose du beton, suivant son degré de durcissement.

En remblai, la conduite devrait porter sur un massif de maçonnerie qui l'embrasserait jusqu'en son milieu ainsi que l'indique la figure 2. Cette figure prendrait des formes diverses suivant la hauteur du remblai.

Soit en déblai, soit en remblai, la conduite devrait être recouverte de terre non végétale.

Prix de la construction.

Il est difficile, sinon impossible, avec le peu de renseignements que nous avons entre les mains, d'établir avec exactitude le coût d'une pareille conduite; MM. Rafo et de Ribera n'ont eux-mêmes estimé que très-approximativement la dépense des travaux qu'ils proposaient et dont la longueur n'est point même rigoureusement connue.

Les chiffres que nous indiquerons relativement à la conduite couverte, ne peuvent donc être qu'un premier aperçu. Nous

avons supposé que les prix élémentaires ne seraient point très-différents de ceux qu'un même travail coûterait en France, la fonte exceptée; il est probable, en effet, que si l'habileté des ouvriers est un peu moindre, la main-d'œuvre est moins coûteuse à Madrid qu'en France, d'où résulte une sorte de compensation.

Cela posé, nous établirons ainsi qu'il suit le devis préliminaire de la conduite couverte :

11,900 m. en souterrains.	Beton.	660,450	2,326,450
	Percement	1,666,000	
1,300 m. en aqueduc.	Hauteur moyenne . .	15m50	2,000,000
43,900 m. en déblai	Beton	2,436,450	4 192,450
	Terrassements. . . .	1,756,000	
40,700 m. en remblai . . .	Beton	2 258,850	5,718,350
	Maçonnerie et terrass.	3.459,500	
9,200 m. en rocher. . . .	Beton	150,000	402,000
	Ouverture	252,000	
107 000 m.			
	Pour divers travaux d'art accessoires (1).		500,000
	Barrage, prise d'eau, vannage, maison, etc. (2).		600,000
	Acquisition de terrains.		176,800
	Indemnités diverses, direction des travaux, somme à valoir. . . .		1,500,000
	Total. . . .		17,416,050

soit environ 165,000 fr. par kilomètre.

(1) Dans l'hypothèse d'une conduite couverte, divers travaux, tels que passerelles et autres, qui figuraient à ce chapitre dans le devis de MM. Rafo et de Ribera, sont supprimés.

(2) Nous estimons probablement ce chapitre à un chiffre encore trop élevé, car dans leur avant-projet MM. Rafo et de Ribera ont estimé à 260,000 fr. l'économie que l'on obtiendrait en réduisant de 5m,60 seulement l'élévation de la prise au-dessus du niveau de l'eau. Or, avec la disposition que nous proposons, la réduction doit être de beaucoup plus considérable.

Nous n'avons pas compris dans ce devis le réservoir de Madrid qui doit figurer dans l'évaluation des dépenses de la distribution dont nous allons nous occuper.

Distribution dans Madrid.

Nécessité de la reconstruction des égouts.

Il est une considération importante qui n'a point été présentée par MM. Rafo et de Ribera dans leur travail, à savoir l'intime connexion qui existe entre le système de distribution d'eau et celui des égouts d'une ville.

Ils ont fait ressortir la nécessité de ne point séparer les deux questions de dérivation et de distribution, et d'en faire une seule affaire, soit au point de vue de la construction, soit au point de vue financier.

Cette solidarité est, en effet, indispensable; mais elle doit s'étendre jusqu'aux égouts.

Il est presque indispensable que les conduites d'eau principales soient placées dans ces derniers; de cette manière la surveillance, l'entretien et les réparations sont faciles; les fuites d'eau, les ruptures ne sont plus un danger; elles peuvent être signalées, arrêtées, reparées, aisément et promptement. Enfin, c'est le seul moyen d'éviter d'incessantes fouilles et d'incessants remaniements du pavé (1).

Mais comment coordonner les nécessités d'une nouvelle distribution, avec les dispositions d'anciens égouts qui ne l'avaient point prévue?

---

(1) Avec l'emploi des tuyaux de poterie, les dépenses de fouille, terrassement, soutènement, entrent à elles seules pour moitié dans la dépense totale. (Voir le rapport déjà cité de la commission de salubrité sur l'alimentation de Londres.)

Il convient d'ajouter que lorsqu'une portion de pavé est dérangée, on ne parvient plus à lui rendre la fermeté et la solidité qu'il avait, on donne bien un certain bombement en prévision du tassement, mais ces prévisions ne se réalisent jamais mathématiquement, d'où des inégalités de niveau et les détériorations qui en résultent.

Leur pente, leur direction, leur profondeur sous le sol, rien n'est propre à une répartition raisonnée de l'eau.

D'ailleurs, que l'on y place on non des conduites d'eau, lorsqu'on établit une nouvelle distribution, il n'est guère possible de compter sur les anciens égouts.

Une alimentation plus parfaite augmentant considérablement le volume des écoulements de la ville, ces égouts deviennent insuffisants.

C'est moins possible encore quand les égouts sont employés, (et nous pensons que tel sera tôt ou tard leur rôle) au charriage des boues, matières fécales et détritus de toutes natures.

Comment trouver les conditions voulues de dimensions, inclinaisons, et même de forme et matériaux, dans un vieux système de conduites, où, quelques dispositions moins anciennes, mal entées sur des conduites d'un âge reculé (1), forment un tout dont il est si difficile de tirer bon parti, que ce n'est qu'à l'aide de chasses multipliées, d'une main-d'œuvre incessante et d'une grande dépense d'eau, qu'il est possible de réduire les obstructions et les dépôts qui s'y accumulent.

Au reste, il est si vrai qu'on ne doit pas compter sur les anciennes conduites, que, quoique la plupart des villes ne leur confient pas encore la vidange générale de leurs immondices, et ne jouissent, d'ailleurs, que de faibles alimentations, cependant il en est peu où les orages ne causent des dégâts considérables par suite du trop plein des égouts.

---

(1) De 1707 à 1827, on n'a construit dans la cité de Londres que 16 kilom. d'égouts; on en a établi 39 kilom. dans la seule période de 1827 (époque à laquelle les watercl osets étaient déjà d'un usage général) à 1847. Malgré ces conditions favorables, leurs dispositions sont assez vicieuses pour que MM. Walker, Cubitt et Brunel attribuent la plus grande partie des inconvénients graves qu'ils présentent, au défaut de pente et débit convenables, et à celui d'un système d'ensemble préconçu et bien coordonné.

Hambourg est peut-être la seule ville du continent où il y ait un système bien raisonné d'égouts. Elle le doit au grand incendie qui l'a dévorée il y a peu d'années. Ce n'est egalement qu'à dater du grand incendie de 1666 que Londres a pu établir un système d'égouts jusqu'à un certain point coordonnés.

Il serait à désirer qu'une bonne administration sût réaliser d'avance ce qui n'a été jusqu'ici que la conséquence de semblables sinistres.

Les villes ont un grand intérêt à assurer de faciles écoulements à leurs eaux et aux matières qu'elles entraînent ; toujours la santé publique laisse à désirer là où l'eau s'écoule mal. C'est à l'absence de moyens suffisants d'écoulement des eaux publiques, qu'on attribue les fièvres qui ravagent Rome.

New-York, depuis qu'elle a dérivé le Croton dans ses murs, souffre réellement de son abondance d'eau. Faute d'avoir établi un système connexe d'égouts, ses caves sont inondées, ses rez-de-chaussées humides.

Lorsque le sol d'une cité est mal égoutté, il en résulte deux causes de maladies et de mal-être; l'une directe : c'est l'humidité et les émanations putrides qu'elle engendre ; l'autre, plus dangereuse encore : ce sont les infiltrations qui viennent vicier la qualité des eaux de puits, et les gaz fétides qui sont la conséquence des dépôts et des obstructions.

Concluons qu'il faudra nécessairement reconstruire les égouts de Madrid, pour le plus grand nombre, sinon en totalité, et que cette reconstruction doit en général figurer en première ligne parmi les dépenses d'alimentation d'une ville. Marseille se voit obligée de subir une semblable nécessité (1).

Dépense de la reconstruction des égouts.

Examinons quelle serait approximativement, pour la ville de Madrid, la dépense d'une reconstruction d'égouts.

Madrid a 200,000 habitants et 8,000 maisons. En comparant ces éléments à ceux de Paris, qui, pour un million d'habitants et 29,526 maisons, possède un réseau de 135,900 mètres d'égouts, on serait porté à en induire pour Madrid un développe-de36,000 mètres environ ; on lui attribuerait la même longueur d'égouts, si on la comparait à la Cité de Londres qui, pour

(1) Voici l'opinion de la Commission générale de la salubrité (*Rapport sur l'alimentation de la métropole*, 1850) sur cette question :

« Il est démontré que les égouts publics, quand ils ne sont pas en connexion intime avec les égouts des maisons, et ceux-ci avec les appareils et les conduits d'alimentation, ne sont autre chose que de longues fosses d'aisance et de vastes cloaques. »

une population de 125,000 habitants et 16,000 maisons, a construit une longueur d'égouts de 71,000 mètres; enfin on serait disposé à n'attribuer à Madrid qu'un développement d'un peu plus de 20,000 mètres d'égouts si on comparait cette ville à Londres tout entier, qui, pour une population de 1,900,000 âmes logée dans 288,000 maisons, ne possède que 639,000 mètres d'égouts environ.

Mais d'une part le sol de Madrid est naturellement mieux disposé, plus déclive que ceux de Paris et de la Cité de Londres; il faut compter d'ailleurs que l'on pourra tirer parti de bon nombre des égouts existants. Pour ces causes nous nous baserons sur un développement à nouveau d'environ 15,000 à 16,000 mètres. Ce chiffre est à peu près celui adopté pour Marseille, dont la population est peu différente de celle de Madrid.

A Paris, les égouts ont été construits à raison de 85 à 90 fr. le mètre courant; nous supposerons pour Madrid, le prix de 80 fr., soit donc pour la reconstruction des égouts de Madrid, 15,000 × 80 = fr. 1,200,000 (1).

---

(1) Nous ne nous dissimulons pas que ce chiffre de 80 fr. est fort élevé. Il est, en effet, afférent à des égouts en pierres meulières et de grandes dimensions, tels qu'on les exécute à Paris; nous le maintenons toutefois afin de nous tenir au-dessus de toutes les éventualités, y compris celle d'un renouvellement presque intégral des égouts de Madrid.

Les nombreuses expériences faites en Angleterre laissent à peu près hors de doute que l'on peut attendre d'excellents services des tuyaux de petit diamètre en poterie vernissée qui, ne présentant point les ressauts et rugosités des briques ou autres matériaux, permettent, tout en favorisant l'écoulement, de réaliser une économie de 1/3 à 1/2. Suivant ce système, le coût total d'une rénovation des égouts de Londres (288,000 maisons à raison de 6 à 7 habitants par maison), ne coûterait que 18 millions de francs. (Voir *Rapport de la Commission générale de salubrité sur l'alimentation de la metropole.* — 1850.)

Ces poteries, qui offrent d'ailleurs cet avantage que les égouts qu'elles constituent, peuvent servir encore, même après avoir été remaniés présentent une résistance remarquable et tout à fait rassurante.

Nous lisons dans l'*Essai sur les égouts de Bruxelles*, de M. Versluys, qu'un de ces tuyaux (0m,30 de diamètre, et 0m,01 d'épaisseur), placé à 0m,80 de profondeur sous une traverse de chemin de fer dans la gare du Nord à Bruxelles, supporta pendant huit jours la circulation des machines locomotives avec tenders, sans présenter la moindre altération, quoiqu'on eût poussé l'expérience jusqu'à faire stationner une machine, pendant un quart d'heure, immédiatement au-dessus du tuyau.

MM. Walker, Cubitt et Brunel (*Rapport sur les égouts de Londres*), qui

Il s'agit maintenant d'estimer approximativement la dépense qu'occasionnerait la distribution elle-même.

Dépense d'établissement des conduites de distribution.

Le réservoir ou bassin de distribution, que nous supposons ne devoir renfermer que la consommation d'un jour, et nous en avons donné le motif plus haut, coûtera environ. 1,200,000 f.

Le développement des conduites est, jusqu'à un certain point, proportionnel au périmètre d'une ville, et conséquemment au nombre des habitants, à densité égale.

A reporter... 1,200,000 f.

---

se sont prononcés pour le maintien, dans cette ville, des égouts à grande section, avec corollaire obligé de chasses et curages à bras d'hommes, conseillent les sections suivantes pour les conduites en briques : — pour les conduites principales, 1m.525 sur 0m,915 ; — pour les conduites secondaires et courtes, 0m,915 sur 0m,6·0 — ; pour les conduites particulières des maisons, 0m,228 de diamètre. Ils conseillent en outre un fond plat comme rendant le nettoyage plus commode, s'usant plus également et étant plus favorable à l'entraînement des matières solides.

A Hambourg, les sections adoptées pour les conduites principales, sont de 1m,830 sur 1m,525, et, pour les conduites secondaires, de 1m,370 sur 0m,686.

Dans le rapport de la Commission de salubrité sur l'alimentation de Londres, nous lisons que, pour la reconstruction des égouts de cette ville, on propose d'appliquer les tuyaux de poteries aux grands égouts tout aussi bien qu'aux égouts secondaires ; ces tuyaux auraient depuis 0m,102 pour les égouts des maisons, jusqu'à 0m,610 pour les égouts principaux.

Nous ne sommes pas éloignés de conseiller l'application de la poterie aux égouts publics secondaires, à ceux qui ne reçoivent point la décharge d'autres égouts publics.

Quant aux égouts principaux, nous croyons, jusqu'à plus ample expérience, qu'il est prudent de leur conserver de grandes sections.

Ainsi construits, les égouts sont commodes à visiter et à réparer ; faciles aussi à dégager s'il s'y manifeste quelques-unes de ces obstructions tenaces, formées d'un mélange de gravier et de quelques gros débris de matériaux mêlés à des détritus de toute nature, obstructions dont il n'est pas suffisamment prouvé que les tuyaux de poteries soient complétement exempts.

Il est prudent aussi de faire la part des orages effrayants qui dépassent toutes les prévisions.

Les grands égouts présentent l'avantage d'y placer les conduites d'eau et même de gaz, et de les visiter.

Enfin, ils dispensent, par leur perméabilité relative, de l'adjonction de tuyaux perméables que l'on est forcé de faire aux poteries, afin de drainer les surfaces non bâties des villes.

Report... 1,200,000 f.

A Paris, ce développement est d'environ : 436,000 mèt. pour 1,000,000 habitants.

A Marseille (projet), 53,551 mèt. pour 185,000 habitants.

A Toulouse, 15,960 mèt. pour 50,000 habitants.

A Metz (projet), 15,700 mèt. pour 50,000 habitants.

Le développement des conduites de Paris est, comme on voit, relativement considérable ; ce qui est une conséquence des dispositions assez mal coordonnées de ses égouts. Le chiffre adopté pour Marseille semble devoir être plus rationnellement offert pour exemple à une ville qui établirait son système d'égouts à neuveau ; la proportion du développement des conduites au nombre des habitants, y est d'ailleurs à peu près semblable à celle qu'on remarque à Toulouse.

Nous pensons devoir, par hypothèse, nous arrêter au chiffre de 50,000 mèt. pour la longueur totale des conduites principales et secondaires.

Mais à quel prix estimerons-nous le mètre courant ?

A Paris, chaque mètre de tuyaux a coûté 27 f. pour un débit minimum de $0^{m3},65$ par seconde ; à Marseille, 55 fr. pour $1^{m3},50$; à Madrid, le débit minimum serait de $0^{m3},70$.

Le débit ayant une influence directe sur le diamètre des tuyaux, il en résulte que c'est le prix d'établissement de Paris qui serait le meilleur terme de comparaison. Mais la fonte est chère à Madrid ; il ne faut donc pas compter sur un prix moindre que 40 fr. le mètre ; $50,000 \times 40 =$ 2,000,000

A reporter.... 3,200,000 f.

Report....	3,200,000
Ce prix comprend d'ailleurs les bornes-fontaines.	
Quant aux fontaines, nous les estimons à . . .	500,000
Total pour la distribution (1) . . .	3,700,000 f.

Récapitulation des diverses dépenses.

En résumé, pour alimenter d'eau la ville de Madrid, il y aurait suivant nous à faire les dépenses suivantes :

Dérivation.	17,416,050 f.
Egouts	1,200,000
Distribution	3,700,000
TOTAL.	22,316,050 f.

Soit en nombre rond, vingt-deux millions cinq cent mille francs.

Mesures financières.

La somme totale à laquelle s'élèveraient les dépenses diverses nécessaires pour fournir d'eau la ville de Madrid, paraîtra certainement élevée, si l'on vient à considérer le cube auquel elle s'applique; mais d'autre part, la quantité d'eau que peut fournir le Lozoya est fort considérable, relativement à celle dont jouit Madrid en ce moment, cette rivière étant, comme nous l'avons vu, capable de fournir bien au-delà du nécessaire, une eau aussi fraîche que limpide.

Exécution par la municipalité.

Devant de pareils avantages, une ville, une capitale surtout, ne peut point reculer; Marseille moins peuplée que Madrid, moins riche d'ailleurs et ne renfermant pas, comme Madrid, le siége du gouvernement dans ses murs, a entrepris avec ses propres ressources, une dérivation de vingt lieues (80,000 m.),

(1) Il serait probablement possible de réduire ce chiffre par l'emploi de tuyaux en poteries, sinon pour les conduites principales, au moins pour les conduites secondaires; mais nous avons voulu nous tenir au-dessus des éventualités.

avec tous les frais d'égouttage et de distribution. Il est vrai que Marseille souffrait d'une véritable pénurie d'eau, mais Madrid est loin d'être bien partagée à cet égard. Ajoutons que la dépense de Marseille peut être évaluée à 30 millions, et qu'il n'en coûterait que 23 au plus à Madrid.

Nous pensons donc que la municipalité de Madrid peut et doit tout aussi bien que celles de Paris, Marseille, Toulouse et tant d'autres villes, entreprendre la dérivation et la distribution des eaux qui sont nécessaires au siége du gouvernement espagnol; ce sont là des œuvres essentiellement locales et municipales; d'ailleurs elle pourrait le faire avec une facilité d'autant plus grande, qu'elle trouverait de grands consommateurs dans le gouvernement et dans la couronne, qui, paraît-il, consentiraient à payer, en cinq ans, chacun une somme de 2,600,000 francs, soit en tout 5,200,000 francs, à la condition d'être mis en jouissance d'une quantité d'eau équivalente.

Resterait donc, pour la part de la municipalité, à pourvoir à une dépense d'environ 17 millions.

Si, comme il est probable, elle ne pouvait y subvenir avec ses ressources actuelles, elle pourrait procéder à un emprunt pour lequel le gouvernement lui viendrait sans doute en aide. Pour rémunérer et amortir ce capital, elle aurait d'abord le produit de la vente et de l'aliénation d'une certaine quantité d'eau; puis, pour le complément, elle devrait choisir entre deux systèmes, celui de la ville de Marseille pour citer un exemple, c'est-à-dire l'établissement de péages sur les marchandises et fournitures diverses destinées aux habitants de la ville ou en transit, et un autre système bien préférable à notre avis, récemment proposé au gouvernement Anglais par les commissaires de l'enquête sur la salubrité des grandes villes, et qui consiste à frapper une taxe sur les propriétaires des maisons de la cité.

Quant aux versements anticipés, effectués spontanément par un très-grand nombre de citoyens de la ville, désirant obtenir des concessions d'eau, c'est un moyen dans lequel nous n'avons

pas la même confiance que MM. Rafo et de Ribera ; nous en donnerons le motif tout-à-l heure.

Concours d'une Compagnie industrielle.

En somme, rien ne fait obstacle à ce que la municipalité se charge seule d'amener l'eau à Madrid et de l'administrer ; cependant, nous pensons que la véritable solution n'est pas là ; nous pensons qu'il y aurait avantage, et pour la municipalité et pour les citoyens eux-mêmes, à ce qu'on laissât, dans la réalisation de cette œuvre, une certaine part à l'initiative individuelle, à l'intérêt privé. Nous croyons que rien ne saurait remplacer cet élément vivifiant qui est nécessaire pour activer l'achèvement des travaux et pour, ceux-ci terminés, surexciter le développement des abonnements, par des abaissements de tarif, par des commodités nouvelles, et en général par tous les moyens que l'activité et l'énergie prêtent au génie commercial.

Notre avis est donc qu'il serait utile que la municipalité traitât avec une entreprise particulière qui se chargerait de la confection des travaux et du service des eaux ; cette entreprise serait tenue de fournir à la ville, pour les besoins d'édilité, y compris ceux des classes pauvres, une quantité d'eau déterminée, versée sur des points désignés ; elle serait tenue d'ailleurs d'établir dans la ville les égouts qui seraient jugés nécessaires, et de poser des conduites d'eau dans toutes les rues et ruelles. Pour la couvrir, la municipalité établirait, à son profit, une taxe répartie sur tous les propriétaires des maisons. Resterait à ces derniers à traiter avec l'entreprise, pour la fourniture de l'eau, qui pourrait être réglée suivant des tarifs maxima (1).

MM. Rafo et de Ribera pensent qu'il serait facile d'obtenir des propriétaires de Madrid une souscription annuelle de

(1) Une Compagnie de cette nature pourrait se charger, à la demande des propriétaires, de l'établissement des conduites et appareils particuliers aux maisons, le tout, moyennant redevance annuelle. Il en résulterait l'avantage d'un système unique et bien coordonné.

1,040,000 fr. pendant cinq ans que dureraient les travaux, soit en tout 5,200,000 fr. qui diminueraient d'autant le capital de fondation de la Compagnie ; ils sont convaincus, de plus, que les abonnements prendraient rapidement une grande extension. S'il en était ainsi, la taxe frappée sur les propriétaires des maisons pourrait être rapidement supprimée, mais nous ne partageons pas leur confiance à cet égard.

A Toulouse, aussi, les propriétaires avaient manifesté avant et pendant l'exécution des travaux d'alimentation d'eau, un vif empressement de devenir concessionnaires ; mais lorsqu'ils virent une eau pure et fraîche, débitée gratuitement à peu de distance de leurs portes, ils renoncèrent pour la plupart aux abonnements et, longtemps après l'achèvement des travaux, la vente de l'eau ne couvrait pas encore les frais d'entretien et de personnel.

Nous avons cité, d'ailleurs, dans nos considérations générales, l'exemple de la plupart des villes où il y a des distributions ; il en ressort que le nombre des maisons payantes est faible, même dans les villes où il n'existe pas d'eau distribuée gratuitement ; mais l'eau banale, lorsqu'elle est versée à proximité et en abondance, exerce sur les propriétaires une irrésistible tentation de se dispenser des embarras et débours qu'entraînent les distributions à l'intérieur ; et cette négligence est surtout à craindre dans une ville peu travailleuse, peu industrielle, où le temps n'a point grande valeur.

Si nous insistons sur ce point, c'est qu'il nous a semblé que l'on se faisait à cet égard, à Madrid, une illusion qui pourrait avoir des conséquences funestes, si elle intervenait dans les arrangements financiers que nécessitera l'alimentation d'eau de cette capitale.

Produit des concessions.

Nous croyons que l'on ferait une erreur grave en estimant à plus du tiers de la population de Madrid, le nombre des habitants payants ; de longtemps cette proportion ne saurait être

dépassée; on se tromperait plus gravement encore en comptant qu'ils achèteront chacun plus de 70 litres par jour.

En partant de ces deux chiffres, que, pour notre part, nous regardons comme élevés, et admettant avec MM. Rafo et de Ribera le prix de 0 fr . 20,5 mill. par mètre cube d'eau concédée par jour (1) soit 75 f. par an, nous serions disposés à évaluer le produit à attendre de la vente des eaux, de la manière suivante :

Concessions aux maisons particulières, par jour, y compris les besoins industriels, 5,000 m. c. à 75.	375,000
Concessions pour irrigations (1/2 prix) 10,000 m. c. à 37,50	375,000
Soit produit brut. . . .	750,000

Déduisant les frais d'administration, d'entretien des conduites, etc., il resterait au maximum un produit net de 600,000 fr., pour le capital d'environ 17,000,000 fr. auquel nous avons vu que se réduisait la part de la municipalité; — l'établissement d'une taxe municipale est donc tout-à-fait obligatoire, pour les premiers temps au moins.

(1) Les porteurs d'eau tirent des fontaines publiques de Madrid 1,216,901 litres par jour, pour lesquels il leur est payé annuellement 1,060,000 francs, soit environ 2 fr. 40 c. le mètre cube.

Le prix de 0 fr. 205, admis par MM. Rafo et de Ribera, porte la dépense annuelle de chacun des 70,000 habitants que nous avons supposé s'abonner à raison de 70 litres par jour, à environ..... 5 fr.

A quoi il faut ajouter, pour intérêt annuel et entretien des appareils d'alimentation et évacuation, élément qui, dans le projet d'alimentation perfectionnée de Londres, figure pour 1 fr. 20 c. seulement, par tête, environ..... 3

Total..... 8 fr.

Chiffre évidemment élevé.

A Londres, on paie, en ce moment, par tête, moyennement 7 fr. pour la fourniture d'eau seulement; mais le projet d'alimentation perfectionnée réduira de beaucoup ce chiffre.

A Paris, les concessions d'eau de Seine font ressortir à 1 fr. chaque mètre cube délivré.

RÉSUMÉ.

Nous nous résumons :

Nous pensons avec MM. Rafo et de Ribera, que l'eau doit arriver à Madrid par une dérivation unique et en vertu de la seule force due à sa pente.

Nous pensons avec eux, que c'est le Lozoya qui doit prêter ses eaux pures et limpides à cette dérivation.

Mais nous ne saurions approuver leur projet de former dans le lit du Lozoya un vaste réservoir de quatre millions et demi de mètres cubes, se remplissant au printemps et se dégorgeant pendant l'étiage, à seule fin d'augmenter le débit de la dérivation.

Nous n'approuvons pas davantage leur projet de conduire les eaux à Madrid dans un canal découvert.

Sous le ciel de l'Espagne, ce projet, s'il était réalisé, condamnerait Madrid à n'user que d'eaux chaudes et malsaines.

La bonne qualité de l'eau doit avoir le pas sur son prix de revient. C'est pour jouir de plus d'eau que l'on projette un vaste bassin d'eau morte ; mais la bonne qualité de l'eau doit avoir le pas sur sa quantité.

D'ailleurs, le régime naturel du Lozoya est suffisant et au-delà pour, en tout temps, subvenir aux besoins les plus larges de la population et de la ville de Madrid. MM. Rafo et de Ribera ont estimé trop haut (487 litres) la quantité d'eau nécessaire.

En la portant à 300 litres par habitant, nous la répartissons de la manière suivante :

Eau pour les besoins particuliers. . . .	17,000 m. c.	et par habitant 85 lit.
Besoins d'édilité.	23,000 m. c.	et par habitant 115 lit.
Irrigation de la banlieue	20,000 m. c.	et par habitant 100 lit.
Total. . . .	60,000 m. c.	et par habitant 300 lit.

en outre de la consommation actuelle de Madrid.

Quand Madrid aura pris une extension considérable, et sera

devenue ville industrielle, si jamais chose pareille se réalise, ce débit minimum de 60,000 mètres cubes suffira encore à ses besoins les plus larges, c'est notre conviction; mais supposons qu'il n'en soit pas ainsi, alors, plutôt que de l'alimenter avec de mauvaise eau, il serait préférable, pendant les mois de sécheresse, d'y verser celle du Jarama, moyennant un canal de 5,650 mètres, et deux appareils hydrauliques; on a calculé qu'il serait possible d'en élever à la hauteur de la porte Santa-Barbara, une quantité de 36 lit. 96 par seconde, soit par jour pour chacun des habitants de la ville 16 litres environ; la dépense première ne serait que de 1,560,000 fr. C'est là certes un complément notable. On ne puiserait cette eau que pendant les jours d'étiage, quand ce serait indispensable; et il convient d'ajouter qu'à cette époque, le Jarama donne probablement des eaux belles et limpides.

Consultée par le conseil de la ville d'Edimbourg sur la question de savoir s'il convenait que cette ville tirât directement son eau d'un des petits cours d'eau qui la touchent, ou bien qu'elle dérivât l'eau de sources assez éloignées, mais d'une grande pureté, une réunion d'Ingénieurs et de savants convoqués spécialement, décida à l'unanimité qu'il était convenable de recourir aux eaux les plus pures d'abord, sauf à avoir recours plus tard, si c'était nécessaire, aux petites rivières voisines.

Nous pensons donc qu'il faut porter la prise de la dérivation du Lozoya à une certaine distance en amont du Ponton de la Oliva, et gagner ainsi une différence de niveau qui dispense d'élever à grands frais un barrage dont le résultat serait la formation d'une immense étang d'eau dormante, où le développement d'une végétation bientôt suivie de vie animalculaire, ajouterait à l'échauffement de l'eau un élément à peu près irremédiable d'impureté; nous pensons en outre qu'il faut que la dérivation soit tout entière composée d'un conduit en beton dont la construction serait d'ailleurs peu dispendieuse.

Il convient de comprendre dans la dépense d'alimentation de Madrid les frais de reconstruction des égouts, dont le système

est trop complétement solidaire avec celui de la distribution pour en être scindé.

La dépense totale du projet, tel que nous le recommanderions, s'élèverait à 22,500,000 fr. savoir :

Rigole de distribution.	17,600,000
Egouts.	1,200,000
Distribution dans Madrid.	3,700,000
	22,500,000

Le devis de MM. Rafo et de Ribera, selon les dispositions les plus rapprochées du nôtre, s'élèverait à 20 millions sans les égouts, que nous évaluons à 1,200,000 fr., soit à 21,200,000 en tenant compte de cette dépense. Mais cette analogie entre leurs chiffres et les nôtres n'est qu'apparente. Leur canal est revêtu et non couvert. Il conduit 97,350 mètres cubes d'eau par 24 heures ; nous nous bornons à 60,370 mètres cubes.

Nous sommes d'avis, en outre, que la municipalité prenne l'initiative de l'entreprise qui a fait l'objet de notre examen ; c'est elle qui, pendant un grand nombre d'années peut-être, absorbera, tant pour les besoins d'édilité que pour ceux de la classe pauvre, la plus grande partie de l'eau.

Mais nous regardons comme également essentiel que, dans l'intérêt de tous, elle confie à l'activité d'une Compagnie financière la construction des travaux et l'exploitation des eaux.

Enfin nous pensons qu'elle devra venir en aide à cette Compagnie, en percevant à son profit une taxe sur les propriétaires des maisons. Il est vrai que MM. Rafo et de Ribera ont estimé à 2,675,000 fr. le revenu annuel qu'il y aurait lieu d'attendre de la vente de l'eau à Madrid, mais nous ne partageons par leurs espérances. Nous croyons être encore au-dessus des probabilités en estimant au tiers de la population le nombre des habitants qui, dans les premiers temps, acheteront soixante-dix litres par

jour, y compris les besoins des grands consommateurs; or, en les taxant à raison de 0 fr. 205 par mètre cube et en ajoutant au produit qui en résulte, un produit égal pour les irrigations de la banlieue, on n'arriverait encore qu'à un revenu net annuel de 600,000 francs environ, pour le capital de 17 millions qui resterait à la charge de la municipalité, si l'on suppose que le gouvernement et la couronne contribuent ensemble pour une somme de 5,200,000 fr.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

INTRODUCTION 57

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES 58

Bonne qualité de l'eau 58

Nécessité d'une qualité unique et d'une bonne qualité 59

Traits caractéristiques d'une bonne qualité 60

Fraîcheur . . . . . Id.

Pureté 62

Limpidité 64

Clarification par repos 65

Son insuffisance . . . . . Id.

Filtrage artificiel . . . . . Id.

Son insuffisance 69

Infiltration 70

Son insuffisance 71

Abondance de l'eau 72

Nécessité de l'abondance . . . . . Id.

Nécessité de distribuer de l'eau gratuite 75

Mesure de l'abondance de l'eau 82

Mesure des besoins particuliers 83

Chiffre de la consommation particulière 85

Mesure des besoins d'édilité . . . . . Id.

Curage des égouts et leur rôle 86

Utilisation du produit des égouts 87

Incendies 90

Fontaines 91

Arrosage et ébouage 92

Chiffre de la consommation d'édilité 95

Consommation totale d'une ville 100

ALIMENTATION DE MADRID . . . . . Id.

Choix du cours d'eau . . . . . Id.

Avantages que présentent les dérivations . . . . . Id.

Préférence à accorder au Lozoya 103

Sa pureté . . . . . Id.

Son débit 104

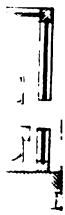
Établissement de la dérivation du Lozoya 105

Point de départ de la dérivation . . . . . Id.

Pages

Son débit minimum. 105
Inconvénients des réservoirs. 107
Nécessité d'un aqueduc couvert 112
Tracé de la dérivation et sa pente. 115
Mode de construction. 117
Prix de la construction. . . . . Id.
Distribution dans Madrid. 119
Nécessité de la reconstruction des égouts. . . . . Id.
Dépense de la reconstruction des égouts. 121
Dépense d'établissement des conduites de distribution. 123
Récapitulation des diverses dépenses. 125
Mesures financières. . . . . Id.
Exécution par la municipalité. . . . . Id.
Concours d'une Compagnie industrielle 127
Produit des concessions. 128
RÉSUMÉ. 130

E R



MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Avril, Mai, Juin 1850.)

N° 9.

Dans le second trimestre de 1850, notre Société a eu à s'occuper d'une question d'enseignement à propos de la proposition faite par la Commission du budget, de supprimer une partie des fonds destinés aux Écoles des arts et métiers. Cette fois, comme dans les occasions précédentes, la Société a exprimé l'opinion qu'il y avait lieu de répandre l'instruction professionnelle d'une manière plus libérale. Dans les circonstances présentes, l'Etat ne peut pas abandonner les Écoles d'arts et métiers, mais il doit encourager l'industrie privée à fonder de nouvelles écoles et donner de l'extension à celles qui existent, en cherchant à les faire diriger par l'industrie particulière. Nous avons pensé que notre Société, fondée par les élèves d'une école libre, était parfaitement placée pour plaider cette cause de l'enseignement professionnel. En conséquence, il a été décidé qu'une lettre, rédigée par les soins du bureau, serait envoyée à la Commission du budget. Cette lettre, adressée au président de cette Commission, est ainsi conçue :

« Monsieur,

» La Commission du budget, d'accord avec M. le Ministre de » l'agriculture et du commerce, propose pour 1850 la suppres-

» sion d'une des trois Écoles d'arts et métiers. Les réflexions » qui précèdent cette décision nous paraissent, à certains » égards, fondées. Nous croyons, avec la Commission, que » l'industrie privée est plus apte que le Gouvernement à former » de bonnes écoles professionnelles. L'École des arts et manu- » factures, dont la presque totalité des membres de notre So- » ciété est sortie, et qui a donné à l'industrie un nombre d'In- » génieurs très-considérable, nous paraît une démonstration » sans réplique que l'enseignement professionnel peut être » constitué avec succès par d'autres que par l'État. Or, du » moment que cela est démontré possible, il est évidemment » très-désirable que cela devienne un fait général, et que les » Écoles d'arts et métiers sortent des mains de l'État pour en- » trer dans celles des particuliers.

» Mais en attendant que ce vœu, qui paraît être celui de la » Commission et qui est bien formellement le nôtre, puisse se » réaliser, est-il prudent, est-il utile, dans l'intérêt de l'indus- » trie, de supprimer l'une des Écoles d'arts et métiers? Cette » économie, de très-peu d'importance, faite sur l'enseignement » professionnel, ne pourra-t-elle pas être mal interprétée et at- » tribuée à ce que cet enseignement ne serait pas sympathi- » que à la Commission et à l'Assemblée législative?

» Nous appelons l'attention de la Commission sur ce dan- » ger, et si elle persiste à croire que l'une des Écoles peut être » supprimée, nous lui demandons de maintenir cependant le » crédit entier dans les mains du Ministre, et de déclarer que » son intention est que les 14,000 fr. qui demeurent libres » soient donnés à titre d'encouragement aux particuliers qui » voudront reprendre au Gouvernement l'école supprimée, ou la » placer ailleurs. Le Gouvernement pourrait être invité aussi à » présenter pour 1851 et 1852 un plan au moyen duquel l'en- » seignement industriel passerait ainsi de ses mains dans les » mains d'associations particulières. Nous sommes convaincus » qu'avec une dépense moitié moindre que celle qu'il faut au- » d'hui, le Gouvernement aurait, en peu d'années, doté le pays

» d'Écoles professionnelles beaucoup mieux conçues et mieux » dirigées que les Écoles actuelles, et qu'il en sortirait rapide- » ment beaucoup plus de sujets propres à la carrière industrielle.

» En prenant cette mesure, l'Assemblée et le Gouvernement » donneraient la preuve sans réplique au pays que, si l'on veut » réformer l'enseignement professionnel, c'est pour l'agrandir » et non pour le restreindre. Nous soumettons donc avec con- » fiance notre pensée aux lumières de la Commission.

» Recevez, Monsieur, etc. »

Nous avons aussi repris l'étude que nous avions déjà commencée des machines locomotives. Notre attention s'est d'abord portée sur la stabilité des machines, sur leur puissance en raison de leur poids, etc. Nous avons compris, presque à l'origine de ces discussions, qu'il était indispensable de poser une série de questions qui devaient être successivement résolues et former un corps de documents mis à la disposition de tous les membres de la Société.

Nous ferons, dans un prochain bulletin, le résumé complet de la discussion, et nous nous bornerons à donner ici la première partie de ce programme; elle a pour titre : *Stabilité des machines*, et contient douze questions.

1° Mouvement d'une machine sur la voie;

— de lacet : ses causes;

— de galop; —

— de roulis; —

— des essieux et de la chaudière.

2° Influence de l'écartement des roues extrêmes sur ces mouvements, sur les courbes et sur les rails.

3° Influence de l'écartement des points d'appui sur les essieux.

4° Influence de la charge sur les différents essieux.

5° Influence du jeu dans les boîtes à graisse.

6° Influence de l'écartement des boudins des roues par rapport aux rails, et de l'inclinaison de la jante des roues.

7° Quelles sont les dimensions les plus convenables pour ces portées, les jeux à donner? Doit-on les calculer pour les courbes minima et maxima du chemin, ou adopter une cote indépendante?

8° Quel compte doit-on tenir de la longueur respective des lignes droites et des courbes?

9° Le nombre des essieux sur lesquels la machine est supportée a-t-il une influence directe sur la stabilité?

10° Quelle est l'influence de la rigidité des plaques de garde et du châssis?

Doit-on rechercher cette rigidité et jusqu'à quel point?

Avec bâtis en fer et bâtis en bois?

11° Quelle est l'influence des bâtis intérieurs, extérieurs et doubles?

12° Quelle est l'influence des cylindres intérieurs ou extérieurs?

Chacune de ces questions a été l'objet d'une discussion approfondie. Les membres de la Société ont apporté le fruit de leur expérience, soit comme constructeurs de machines, soit comme ingénieurs de chemins de fer.

En présence de l'accident si fatal arrivé au pont d'Angers, notre Société ne pouvait pas rester indifférente; des renseignements ont été recueillis à ce sujet; une sorte d'enquête a été ouverte pour servir plus tard d'élément à un travail qui devra être confié à une commission.

Cette commission sera appelée à dire son avis sur les causes de l'accident et sur les moyens à employer pour en éviter le retour.

Dans l'assemblée générale du 24 juin, le trésorier a rendu compte de la situation financière de la Société.

Cette situation peut être considérée comme favorable.

Notre Comité a remis ensuite un rapport sur la situation de la Société au point de vue de son organisation et de ses travaux. Ce rapport constate que, du 1er au 15 juin 1850, la

Société a admis 21 nouveaux membres; 19 membres sociétaires et 2 membres associés. Le nombre des membres de la Société se trouve donc aujourd'hui composé de 298 Ingénieurs.

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

De M. Lefrançois, une note sur le moyen de décrire par point des cercles, des ellipses et des raccordements de deux droites par des arcs de cercle et d'ellipse;

De M. Nozo, une planche indiquant les divers systèmes de machines locomotives employées sur le chemin de fer du Nord.

De M. Dubied, le croquis d'un appareil pour retirer les bagues qui servent à fixer les tubes des chaudières des machines locomotives;

De M. Bellier, une note sur les causes de la chute du pont d'Angers et sur les précautions à prendre pour éviter à l'avenir la chute d'autres ponts suspendus;

De M. Faure, un exemplaire de son *Guide du draineur;*

De M. Wolski, une notice sur les fourneaux fumivores.

En outre, M. de Cabrol nous a, sur notre demande, envoyé le règlement de la caisse de secours des ouvriers de la Compagnie des houillères de l'Aveyron;

Et M. Chagot, le règlement de la caisse de secours des ouvriers des mines de houille de Blanzy.

Les membres nouvellement admis sont les suivants :

Au mois d'avril :

MM. Estoublon (comme membre associé), présenté par MM. A. Barrault, Deligny et Lorentz.

Reynaud (Charles), présenté par MM. Alquié, Gollnisch et L. Thomas.

Au mois de mai :

MM. BLONAY, présenté par MM. Faure, Pottier et Bridel.
GROSSET, Id. E. Flachat, Mony et Crétin.
GETTING (membre associé), présenté par MM. E. Flachat, A. Barrault et Chabrier.
LOYD, présenté par MM. E. Flachat, Gouin et Lavallée.

Au mois de juin :

MM. VUILLEMIN, présenté par MM. Gerder, A. Barrault et Championnière.
SCHLENCKER, Id. Loustau, Bellier et Alquié.
MAYER, Id. E. Flachat, Deligny et Mathieu.
DE LA ROCHETTE, Id. L. Thomas, Priestley et Nozo.
LASSERON, Id. Petiet, Faure et Loustau.

MÉMOIRE N° XIX.

Application du calcul aux ressorts;

PAR M. BLACHER.

§ 1. — *Observations préliminaires.*

La théorie de la résistance des matériaux, basée sur des hypothèses, sinon exactes, du moins déduites de l'observation des phénomènes, se traduit en formules qui, pour les cas les plus simples et en même temps les plus utiles, rendent parfaitement compte de l'action des forces extérieures sur les matériaux employés dans les constructions. C'est ainsi qu'en dehors de toute grandeur absolue, elle établit, d'abord algébriquement, les relations existant entre la charge et la flexion d'une poutre, en fonction des dimensions de celle-ci, puis, à l'aide de coefficients numériques demandés à l'expérimentation, elle approprie les formules aux différents besoins de la pratique.

Les coefficients, il faut bien le remarquer, présentent toute garantie, surtout si on les obtient à l'aide de constructions identiques avec celles que l'on veut reproduire, car ils sont déduits des équations mêmes dans lesquelles on les introduit, et doivent par conséquent y satisfaire.

Ces observations sont parfaitement applicables aux ressorts, car l'expérience fournit toutes les données numériques nécessaires, et la théorie n'a plus alors qu'à constater les conséquences d'un changement de dimensions.

Il y a dans les ressorts autre chose à considérer que les pressions auxquelles ils sont ou peuvent être soumis. Les uns, comme les ressorts de suspension, supportent des charges permanentes accompagnées de faibles oscillations; les autres, comme

les ressorts de choc, prennent des mouvements considérables sous l'action de masses dont ils sont destinés à amortir ou à modérer la vitessse. Les premiers donnent lieu à une équation d'équilibre statique, les seconds à une équation de travail dynamique ; mais, dans l'un comme dans l'autre cas, l'effet des ressorts dépend de leurs dimensions, du nombre de leurs éléments, de la flexion et de la résistance propre à la matière dont ils sont composés.

§ 2. — *Courbure affectée par les lames d'un ressort.*

Soit une série de lames d'égale épaisseur et d'égale largeur, superposées (*fig.* 1, *pl.* 17) de manière que l'une repose sur les extrémités de l'autre par l'intermédiaire de petits tasseaux. Appliquons à chaque extrémité de la lame supérieure une force π normale à cette lame ; ces deux forces π agissant dans le même sens, l'expérience apprend que les points d'application des forces descendent, et que la lame se courbe dans toute sa longueur. Mais les pressions π se transmettent sans altération aux extrémités de chaque lame ; chacune de celles-ci éprouve donc un effet semblable, et l'abaissement total des poids π est la somme des abaissements relatifs des extrémités de chaque lame par rapport à celle qui la précède dans l'ordre de superposition : il s'agit de trouver cet abaissement total.

Les lames plient indépendamment les unes des autres, sous l'action des mêmes forces et dans les mêmes conditions ; la loi qui régit la flexion de l'une d'elles est donc applicable à toutes. Il en résulte que l'abaissement total des poids π doit peu différer, en tous cas, de la flèche correspondant à la courbure affectée par la lame supérieure.

Chaque lame est soumise à quatre forces π, égales, parallèles et de sens opposé (*fig.* 2) ; sous l'action de ces forces, elle affecte une courbure symétrique par rapport à l'axe A B, passant par son milieu et parallèle aux forces. Soient a et a' les abscisses des points d'application des deux forces situées d'un

même côté de cet axe, $x < a'$ l'abscisse d'une tranche quelconque de la lame. En vertu de l'équilibre existant, le moment d'élasticité dans cette tranche est égal à la somme des deux moments des deux forces π par rapport à cette même tranche. On a donc

$$\varepsilon_x - (a-x)\,\pi + (a'-x)\,\pi = o\,;$$

ε_x étant le moment d'élasticité et $(a-x)$, $(a'-x)$ les bras de levier des forces π. De cette équation on tire :

$$\varepsilon_x = \pi\,(a - a') \qquad (1).$$

d'où il résulte que, pour toute abscisse $x < (a-a')$, le moment d'élasticité est constant : ce qui revient à dire que la tension est uniforme entre les points E et D, et par suite la courbure.

Ainsi, de E en D, la lame est courbée suivant un arc de cercle; de E en F et de D en G, suivant un arc d'élastique (*a*).

(*a*) Soit une verge rigide AB (*fig.* 3), entaillée aux points C et D, et sur laquelle sont montés deux petits leviers coudés E, F. Si dans les entailles C, D, on fait passer une lame élastique, et qu'au moyen de deux tirants K, K' réunis par un écrou à contre-filet, on fasse marcher les leviers pour courber la lame, toute la portion de celle-ci comprise entre les leviers formera un arc de cercle. On peut construire sur ce principe un instrument de dessin utile dans une foule de circonstances, puisqu'il donne des courbes dont le rayon varie depuis l'infini jusqu'à une valeur assez petite, dépendant de la longueur et de l'épaisseur de la lame.

Cet instrument est représenté *fig.* 4 :

AAA est une lame d'acier parfaitement dressée et d'épaisseur bien uniforme : largeur, 0m.035 ; épaisseur, 0m.0015 ;

B B Règle carrée en bois, taillée en biseau à ses extrémités pour permettre la flexion de la lame ;

C, C Plaques en laiton de 2 à 3mm d'épaisseur, vissées à chaque extrémité de la règle, sur la face supérieure avec laquelle elles affleurent. Ces plaques sont recourbées d'équerre sur une partie de leur longueur, pour retenir la lame d'acier contre les extrémités de la règle en bois. Deux autres plaques semblables, mais dépourvues de parties recourbées, sont assemblées symétriquement avec les premières sur la face inférieure de la règle ; elles servent de coussinets aux tourillons des leviers coudés D, D ;

D, D Leviers coudés agissant dans un plan normal à la lame d'acier et passant par l'axe de la règle ;

E, E Tirants assemblés à charnière aux extrémités des bras postérieurs des leviers coudés et réunis par des pas de vis de sens contraire dans un écrou F ;

F Écrou à contre-filet, destiné à rapprocher ou à écarter les bras postérieurs

Cette propriété est peut-être rendue plus évidente par la démonstration suivante. On a l'équation connue :

$$\varepsilon_x = \frac{E\,a\,b^3}{12\,\rho} \qquad (2),$$

dans laquelle E représente le coefficient d'élasticité, a la largeur, b l'épaisseur de la lame, et ρ le rayon de courbure de l'élément de courbe par rapport auquel est pris le moment ε. En posant

$$\frac{E\,a\,b^3}{12} = A,$$

on a :

$$\rho = \frac{A}{\varepsilon};$$

substituant à ε sa valeur prise dans l'équation (1), il vient

$$\rho = \frac{A}{\pi\,(a-a')}$$

quantité constante ; donc le rayon de courbure est le même pour tous les points compris entre E et D, donc cette courbe est un cercle.

De ce qui précède, il résulte que l désignant la saillie d'une lame sur l'autre, le moment d'élasticité est $\varepsilon = \pi\,l$ pour tous les éléments de la lame compris entre les points d'appui. Comme toutes les lames sont également chargées, il faut pour qu'elles présentent la même résistance que l soit le même pour toutes.

Avec cette condition, toutes les lames affecteront la même courbure. En supposant que les extrémités affectent également la courbure circulaire, si l'on supprime les tasseaux qui les séparent, elles ne s'appliqueront pas les unes sur les autres, et ne se toucheront que par les extrémités.

Dans la pratique, les choses ne se passent pas ainsi, parce que toutes les lames du ressort sont réunies par un boulon ; mais

---

des leviers coudés, suivant le degré de courbure que l'on veut obtenir dans la lame d'acier.

L'instrument construit d'après les données précédentes permet de tracer des courbes dont le rayon descend à 0m.50.

Pour tracer des arcs de cercle d'un rayon donné, il suffit de déterminer sur le papier trois des points de la courbe et de régler l'instrument par tâtonnement.

cette différence est négligeable, et l'on peut supposer dans les formules que les lames se joignent, et prendre pour l'abaissement total la flexion de la lame supérieure. Les conditions théoriques seraient néanmoins réalisables, à la condition de modifier la forme des extrémités des lames.

§ 3. — *Relations entre les divers éléments entrant dans le calcul des ressorts.*

Nous avons considéré d'abord un ressort droit et se courbant sous la charge; mais les raisonnements sont applicables à un ressort courbe que la charge redresse.

Il s'agit maintenant d'établir les relations existant entre les diverses dimensions d'un ressort, la charge qu'il supporte et la flexion correspondante.

Soit (*fig.* 5) l'arc A B un demi-ressort; on peut, sans erreur sensible, remplacer sa longueur par celle de sa corde A B $= \lambda$. On a, en vertu d'un théorème connu :

$$\lambda^2 = 2\,R\,F;$$

R étant le rayon du cercle et F la flèche du double de l'arc sous-tendu par la corde λ; de cette équation l'on tire :

$$F = \frac{\lambda^2}{2\,R};$$

mais R est le rayon de courbure des lames ;

$$R = \rho = \frac{E\,a\,b^3}{12\,\varepsilon} \qquad (2)$$

$$\varepsilon = \pi\,l \qquad (1)$$

substituant cette valeur de ε dans celle de $\rho = R$, et R dans $\lambda^2 = 2\,R\,F$, il vient :

$$F = \frac{\lambda^2 \times 6\,\pi\,l}{E\,a\,b^3}$$

nous savons de plus que l est le même pour toutes les lames; on a donc $\lambda = n\,l$, d'où

$$F = \frac{6\,\pi\,\lambda^3}{n\,E\,a\,b^3} \qquad (3).$$

Telle est la relation entre les divers élémen's d'un ressort, la charge qu'il supporte et la flexion qu'il subit. Cette équation,

hâtons-nous de le dire, est insuffisante, car elle admet pour π une valeur indéfinie, et par conséquent pour F. Elle n'est donc vraie que pour un ressort capable de supporter la charge π ; mais, cette hypothèse admise, elle donne lieu à des observations utiles :

1° La flexion est proportionnelle au poids, c'est-à-dire qu'à chaque addition partielle et constante de charge, correspond une flexion partielle et constante dans toute l'étendue de la flexion ;

2° La flexion est en raison inverse du nombre de lames, c'est-à-dire que pour une charge double, il faut, toutes circonstances égales d'ailleurs, un nombre double de lames ;

3° La flexion est proportionnelle au cube de la longueur ; cette loi est importante, en ce qu'elle fait voir qu'un faible allongement du ressort correspond à un accroissement de flexion considérable, dont il est parfois indispensable de tenir compte ;

4° La flexion est en raison inverse du cube de l'épaisseur des lames.

Il est bien entendu, nous le répétons, que l'équation (3) ne s'applique pas à un ressort ayant les proportions convenables pour supporter une charge donnée, mais à un ressort considéré d'une manière abstraite et toujours capable d'un excès de résistance.

Nous avons supposé que les extrémités des lames affectaient la courbure circulaire, mais il n'en est pas ainsi. L'équation générale du moment d'élasticité

$$\pi (l-x) = \frac{E\, a\, b^3}{12\, \rho}$$

fait voir que le rayon de courbure croît en raison inverse du bras de levier, et que, par conséquent, la courbure décroît du point d'appui à l'extrémité de la lame. Cet excès de résistance à l'extrémité des lames, nuit à la flexibilité du ressort. Le remède consiste à affaiblir graduellement les extrémités des lames, soit en les amincissant, soit en les rétrécissant. Ce dernier procédé, employé, d'ailleurs, depuis quelque temps, satisfait théoriquement.

Reprenons l'équation

$$\pi\,(l-x) = \frac{E\,a\,b^3}{12\,\rho}$$

les abscisses ont leur origine au point d'appui ; si l'on transporte cette origine à l'extrémité de la lame, l'équation devient :

$$\pi\,x = \frac{E\,a\,b^3}{12\,\rho}$$

Soit z la largeur variable de la lame, largeur croissant en progression arithmétique de $z = o$ à $z = a$; on a :

$$\pi\,x = \frac{E\,z\,b^3}{12\,\rho}$$

Mais l étant la limite de x et a celle de z, on a :

$$z = x\,\frac{a}{l}$$

d'où

$$\pi\,x = \frac{E\,x\,\frac{a}{l}\,b^3}{12\,\rho} \text{ ou } \pi = \frac{E\,a\,b^3}{12\,l\,\rho}$$

résultat indiquant que le rayon de courbure est indépendant de l'abscisse x, et que par conséquent la courbe est un cercle. Or, la forme donnée à l'extrémité de la lame est une de celles du solide d'égale résistance ; cette forme satisfait donc complétement.

L'équation (3), avons-nous dit, est insuffisante ; il faut en effet obtenir une relation entre la flexion, les divers éléments du ressort, la charge qu'il supporte, et la résistance propre à la matière dont il est fait. Or, la théorie fournit l'équation

$$\pi\,l = \frac{R\,a\,b^2}{6}$$

dans laquelle R représente ce que l'on nomme coefficient de rupture ou de résistance.

Remplaçons dans cette équation l par sa valeur $\frac{\lambda}{n}$, il vient.

$$\pi\,\lambda = \frac{n\,R\,a\,b^2}{6} \qquad (4)$$

Prenons dans cette équation la valeur de π, et substituons-la dans l'équation (3), celle-ci devient :

$$F = \frac{R\,\lambda^2}{E\,b} \qquad (5)$$

L'équation (4) donne le maximum de charge que puisse supporter un ressort, et l'équation (5) détermine la flexion correspondante.

Les coefficients R et E se déterminent par expérience. R varie beaucoup, suivant la qualité de l'acier (de 40 à 80 kil. par millimètre carré); E ne s'éloigne guère de 20,000, le millimètre étant pris pour unité dans les calculs.

En comparant les équations (3) et (5), on voit que F n'y est pas fonction des mêmes puissances de λ et de b; mais encore une fois, il faut bien remarquer qu'elles ont des significations toutes différentes. L'équation (3) est relative à l'état général d'un ressort toujours capable de résister; l'équation (5) au contraire est relative à un état tout particulier du ressort; elle pose la limite de la flexion, et fait voir qu'à cette limite la flexion est proportionnelle au carré de la longueur et en raison inverse de l'épaisseur des lames.

Les équations (3), (4), (5), contiennent tous les éléments nécessaires aux calculs que l'on peut avoir le plus généralement à faire sur les ressorts (*a*).

La longueur λ, contenue dans les équations précédentes, est la demi-longueur du ressort, et le poids π, la charge supportée par une de ses extrémités; il nous paraît préférable, pour l'application, d'introduire la longueur totale L et la charge totale P, on a: $2\lambda = L$ et $2\pi = P$. D'après cela les équations (3), (4) et (5) deviennent:

$$F = \frac{3PL^3}{8nEab^3} \text{ (6)}, \quad PL = \frac{2nRab^2}{3} \text{ (7)}, \quad F = \frac{RL^2}{4Eb} \text{ (8)}.$$

§ 4. — *Volume et poids d'un ressort.*

Après avoir déterminé les dimensions d'un ressort, il est bon d'en fixer approximativement le poids. Les lames, on le sait,

(*a*) Ces trois formules que je viens d'exposer et de développer m'ont été communiquées par mon ancien collègue et ami, M. Shintz, maintenant Ingénieur en Allemagne.

croissent en progression arithmétique. Soit donc n le nombre des lames : pour un demi-ressort, la somme des longueurs est

$$\frac{(l+nl)n}{2} = \frac{n(n+1)l}{2}.$$

Pour un ressort entier on a donc :

$$n(n+1)\,l;$$

a et b étant la largeur et l'épaisseur des lames, le volume d'un ressort est donc

$$n\,(n+1)\,l\,a\,b = \mathrm{V}.$$

Mais $n\,l = \lambda = \frac{\mathrm{L}}{2}$; on a donc pour le volume

$$\mathrm{V} = \frac{(n+1)\,\mathrm{L}\,a\,b}{2} \qquad (9)$$

et pour le poids

$$\mathrm{Q} = \frac{(n+1)\,\mathrm{L}\,a\,b\,\mathrm{D}}{2} \qquad (10).$$

§ 5. — *Travail dynamique d'un ressort.*

Les équations précédentes fournissent les conditions d'équilibre statique d'un ressort ; nous allons chercher maintenant le travail dynamique employé à le bander. Pour embrasser le cas général, nous lui supposerons une bande permanente f'. Maintenant, soit p une force variable agissant sur le ressort, et f la flexion correspondante : le travail élémentaire produisant la flexion est $p\,df$ et le travail total produit est

$$\mathfrak{T}_p = \int p\,df + \mathrm{C}.$$

p est fonction de f, et lui est proportionnel (équation 3); soit donc $p = \mathrm{A}\,f$, on a alors :

$$\mathfrak{T}_p = \mathrm{A}\int f\,df + \mathrm{C} = \frac{\mathrm{A}\,f^2}{2} + \mathrm{C}.$$

Mais pour $f = f'$ on a $\mathfrak{T}_p = o$ d'où

$$\mathrm{C} = -\frac{\mathrm{A}\,f'^2}{2}$$

et par suite

$$\mathfrak{T}_p = \frac{\mathrm{A}(f^2 - f'^2)}{2}$$

soit $\frac{f'}{f} = m$, il vient

$$\mathfrak{T}_p = \frac{A f'}{2} (1 - m^2),$$

Mais $A = \frac{p}{f}$; donc

$$\mathfrak{T}_p = \frac{p f}{2} (1 - m^2) \qquad (11).$$

Telle est l'expression générale du travail d'une force sur un ressort; elle indique que ce travail est égal au produit de la pression définitive par la moitié de la flexion, multiplié par un coefficient dépendant du rapport de la bande permanente à la flexion correspondant à la force p.

Si P est la pression maximum que puisse supporter le ressort et F la flexion correspondante, en substituant à P et F dans l'équation (11) leurs valeurs tirées des équations (7) et (8) il vient :

$$\mathfrak{T}_P = \frac{n\,a\,b\,L\,R^2}{12\,E} \times (1 - m^2) \qquad (12)$$

formule donnant le travail du ressort en fonction de ses divers éléments.

Si l'on compare les formules (9) et (12), on peut remarquer que le numérateur de (9) ne diffère du facteur $n\,a\,b\,L$ contenu au numérateur de (12) qu'en ce que $(n+1)$ y est remplacé par n. Or, lorsque n est grand, n diffère peu de $(n+1)$; on peut donc dans ce cas, remplacer dans (12) $n\,a\,b\,L$ par $2\,V$, et cette formule devient :

$$\mathfrak{T}_P = \frac{R^2\,V}{6\,E} \times (1 - m^2) \qquad (13)$$

$\mathfrak{T}_P$ sera un peu trop grand, mais en réalité les ressorts sont toujours plus forts que les ressorts calculés. Du reste, notre but en mettant cette formule sous cette forme, a été surtout de faire voir que le travail d'un ressort ne dépend que de la quantité d'acier qu'on y met, de quelque façon qu'on la distribue, sous la réserve, bien entendu, des observations qui ont été faites relativement aux extrémités des lames.

MÉMOIRE N° XX.

Note sur le forage d'un puits exécuté par M. Kind, à la houillère de Schœneck-Stiring, près Forbach (Moselle);

PAR M. GOSCHLER.

On sait qu'après les événements de 1814 et 1815, les houillères de Saarbruck ont été enclavées dans le grand-duché du Bas-Rhin. La France s'est vue ainsi privée d'une immense source de revenus; et ses provinces de l'Est sont, depuis ce temps, tributaires de la Prusse, seule en état de leur fournir le combustible minéral à un prix convenable. Aussi c'est avec un grand intérêt que la Lorraine, l'Alsace et la Champagne suivent toutes les tentatives qui auraient pour but de les affranchir de cette dépendance.

D'après des recherches qui datent de quelques années et des observations géologiques plus récentes, on a la certitude que le bassin houiller de Saarbruck se prolonge en deçà des frontières françaises, sous le territoire de la petite ville de Forbach, et peut-être même plus loin encore. Une partie de ce prolongement fut concédée sous le nom de *houillère de Schœneck*, où les premiers concessionnaires dépensèrent des sommes considérables en travaux dont les résultats furent peu favorables au succès de l'entreprise.

La rencontre de niveaux d'eau difficiles à traverser, et plus que cela encore, la position fâcheuse des recherches qui tombèrent au milieu de failles et de brouillages, firent renoncer à développer cette affaire. C'est alors que MM. de Vendelle et de Gargan, propriétaires de nombreux établissements dans le département de la Moselle, achetèrent la concession et élevèrent sur son territoire même une grande usine à fer, dont la révolution de 1848 a subitement arrêté la mise à feu.

Pour éviter les errements dans lesquels étaient tombés les premiers concessionnaires, il fallait, avant tout, étudier la constitution du terrain, reconnaître l'allure des couches de houille, leur puissance, leur qualité. C'est ce qu'a fait d'abord l'habile sondeur, M. Kind, au moyen de trois trous de sonde dont la profondeur a varié entre 270 mètres et 325 mètres. Ces sondages, qui comprennent un espace de 900 mètres de longueur, ont démontré l'existence de couches de houille nombreuses de très-bonne qualité, d'une épaisseur variant depuis $0^m,10$ jusqu'à $2^m,70$, l'une d'elles atteignant même $4^m,28$ avec un intervalle de $0^m,20$. Toutes ces couches possèdent une stratification et un pendage réguliers. L'ingénieux procédé employé par M. Kind pour constater l'inclinaison des couches traversées par la sonde, est assez connu pour que nous n'ayons pas besoin de nous y arrêter ici (1).

Nature du terrain. — Il a été ainsi reconnu que le terrain houiller proprement dit est composé (*pl.* 17, *fig.* 6) d'alternances de couches de houille et de bancs de schiste ou de grès, inclinés au sud de 33° en moyenne. Immédiatement au-dessus vient un banc horizontal de conglomérat quartzeux et d'argile schisteuse de 20 mètres d'épaisseur, puis une couche de grès houiller de 122 mètres, et enfin un banc de grès des Vosges de 77 mètres d'épaisseur arrivant jusqu'à la surface.

On voit qu'avant de parvenir au terrain houiller, il faut traverser un terrain mort de 220 mètres d'épaisseur environ. L'expérience acquise par les travaux primitifs et par les sondages récents avait fait considérer, à tort ou à raison, le percement d'un puits comme très-difficile si l'on y appliquait les procédés ordinaires. Pour éviter l'emploi, soit de machines d'épuisement provisoires, soit de l'air comprimé et du cuvelage du Nord, M. Kind, considérant un puits d'exploitation comme un trou

(1) Il a été décrit par M. Combes, Inspecteur général des mines, dans le tome XIII, 4e série des *Annales des Mines*.

de sonde d'un grand diamètre, résolut de le percer et de le tuber suivant la méthode employée pour les sondages ordinaires, du moins jusqu'au terrain sec, c'est-à-dire à 120 mètres environ, en utilisant le trou de sonde de $0^m,60$ de diamètre que l'on venait de forer.

Dimensions du puits. — Les besoins de l'exploitation nécessitaient un puits de $3^m,50$ de diamètre intérieur. Le tubage devait avoir $0^m,25$ d'épaisseur et laisser autour de lui un vide annulaire de $0^m,25$, destiné à être rempli avec du béton. C'est donc un trou de $4^m,50$ de diamètre qu'il fallait forer. Nous avons hâte de dire que ce résultat est obtenu aujourd'hui, et le sondage de Stiring est parvenu au delà de 100 mètres de profondeur.

Description du forage. — L'atelier du sondage est composé d'une grande baraque en bois au centre de laquelle est l'ouverture du puits (*fig.* 7 et 8, *pl.* 17). Dans cet atelier couvert se trouve la machine à battre la sonde, la machine à vapeur qui sert à retirer les équipages, et que l'on utilise, quand la sonde bat, pour mettre en mouvement des tours, des scies, instruments destinés à la confection des pièces du forage.

Les *fig.* 7 et 8 font voir un évasement *a a* à la partie supérieure du puits. Cet évasement rectangulaire, fermé vers le bas par un plancher mobile, sert à donner aux ouvriers plus de facilité pour la manœuvre des outils. Aux deux coins opposés de ce plancher sont établis deux petits treuils portant les cordes qui servent à guider le trépan à sa descente ou à sa montée.

Dans la *fig.* 8, on voit la projection de la bobine de la machine à vapeur C. Cette bobine porte un câble plat *l l* qui passe sur une poulie à gorge *d* et descend jusque dans l'évasement *a a* pour enlever ou descendre les tiges ou les outils. En dessous de cette poulie se trouve un chariot *k* sur chemin de fer, auquel on suspend les tiges de la sonde quand on doit changer d'outil.

Le battage de la sonde se fait au moyen d'un levier mû par le piston d'un cylindre à vapeur analogue à celui employé dans les forges sous le nom de cylindre à marteau-pilon. Il est représenté en *m*, *fig.* 8. Le levier *n* qu'il met en mouvement porte un arc de cercle sur lequel s'appuie la chaîne qui soutient la sonde.

Les tiges de sonde sont en bois de sapin de $0^m,10$ d'équarrissage; la jonction se fait au moyen de l'*assemblage à vis* pratiqué sur le fer dont les extrémités des tiges sont armées.

Jusqu'à ces derniers temps, les tiges de sonde étaient complétement en fer. La rupture de l'une d'elles, occasionnée par l'absence de l'appareil à chute libre appliqué aux autres sondages par M. Kind, et la difficulté d'en retirer les fragments qui se perdaient dans un vide aussi grand (1), engagèrent le sondeur à renoncer aux tiges métalliques et à les remplacer par des tiges en bois. Cette matière, quand elle est bien choisie, ne rompt pas sans avoir donné quelque signe de faiblesse. En outre, sa légèreté dans l'eau rend les coups de trépan moins sensibles pour la tige, dont la durée est plus grande et l'emploi plus rassurant.

Nous avons dit plus haut que le forage se faisait à la manière ordinaire. Il a donc fallu approprier aux dimensions du trou à obtenir les instruments employés à ce genre de travail.

La forme de trépan adoptée par M. Kind est représentée en élévation, par la *fig.* 9 et en plan par la *fig.* 10. La barre inférieure *p p'* est garnie de dents espacées de telle sorte qu'en les considérant à partir du milieu *o*, le vide compris entre deux d'entre elles sur le côté *o p'*, corresponde au plein d'une dent sur le côté *o p*. De cette manière, quand le trépan a fait une révolution entière autour de son axe, aucune partie de roche n'a échappé au battage.

---

(1) Lors de cet accident, on parvint à retirer toute la tige, à l'exception d'une barre de 13 pieds de longueur que les crochets ne purent atteindre. On se décida à la briser sous le trépan, et les fragments en sont venus au jour avec les détritus de roche.

Cette barre horizontale en fer est consolidée par des jambes de force, aussi en fer, qui vont s'attacher à la tige verticale. Celle-ci porte en croix deux autres barres horizontales *q q'* et *r r'* dont le but est de maintenir l'instrument dans la verticale et de régulariser en même temps les parois du puits.

Battage. — La *fig.* 8 nous montre le trépan *p p'* suspendu à la tige *t, t,* que soulève le levier du cylindre à vapeur *m*. A chaque levée du trépan, deux hommes qui se tiennent sur le piancher *b b* font parcourir un petit arc de cercle aux extrémités d'un levier placé en croix sur la tige. Ils font ainsi décrire à ce levier, et par suite au trépan, une série de petits arcs de cercle successifs dont l'ensemble comprend la circonférence du puits tout entière.

Quand on juge le battage au trépan suffisamment prolongé, on arrête cette opération et on procède à l'extraction des parties de roche détachées par les chocs successifs de la sonde.

Extraction des détritus. — On commence par retirer l'équipage qui est dans le puits, ce qui se pratique très-rapidement, avec le secours de la petite machine à vapeur C, *fig.* 8. Chaque portion de la tige est accrochée au chariot *k, fig.* 7, et se trouve ainsi à portée des ouvriers qui vont l'employer à l'opération suivante.

Quand le trépan *p p'* arrive au jour, il est suspendu à un chariot *h* porté sur un chemin de fer suspendu *g g*. En faisant avancer ce chariot, on amène le trépan à côté du puits, pour être soumis à la visite des forgerons, qui remplacent les dents avariées. Cette réparation est très-facile, car les dents portent des queues logées dans l'épaisseur de la barre *p p'*, où elles sont retenues par des goujons rivés, passant dans une encoche de la queue de chaque dent.

Pendant ce temps, on amène au-dessus du puits un tube en tôle *y y* (*fig.* 7 et 8) de 6 mètres de longueur et de $0^{m},60$ de diamètre intérieur. Ce tube, qui est muni vers le bas d'un clapet *v*

(*fig.* 11) mobile entre deux croisillons courbes, remplace ici la *cuiller* du sondage ordinaire. Il doit pénétrer dans le trou de sonde qui a précédé le forage du puits et recevoir par sa partie supérieure les détritus que lui amène le *draqueur* auquel il est suspendu (fig. 11).

Durant le battage, ce dragueur *x x* (*fig.* 7 et 8) reste accroché à une potence *u, u,* sous le premier plancher mobile *b, b;* il peut se loger contre la paroi du puits évasé, et laisser libre le passage nécessaire aux autres outils.

Ce dragueur est représenté dans la *fig.* 11 au moment où il fonctionne au fond du trou de sonde. Il se compose essentiellement d'une coulisse A B vissée à la tige de sonde C. Cette coulisse est embrassée par deux tringles articulées D E F portant à leur extrémité inférieure une large palette dentelée G. En B pénètre une tige mobile taraudée vers le bas et qui porte le tube *y y* quand on soulève le dragueur. Cette tige se trouve serrée entre deux ressorts N, N dont la distance peut être diminuée ou augmentée à volonté.

Examinons maintenant la manœuvre de cet appareil. Quand le tube *y, y* est vissé à la tige B du dragueur, et celui-ci suspendu dans le puits par sa tige C, le poids des pièces fait tomber les tringles D E F G le long de la tige verticale; elles restent arrêtées sur les taquets en A; mais quand le tube *y, y* a pénétré dans le premier trou de sonde O, et qu'il s'arrête, retenu par les croisillons en fer *i i* dont il est muni à sa partie supérieure, le poids de la sonde vient forcer la petite barre D D à descendre; les palettes G G s'écartent et atteignent les parois du puits. Quand on relève les tiges de sonde, celles-ci entraînent les palettes, qui amènent alors les détritus dans le tube *y y*. Le frottement de ces palettes sur le terrain désagrégé s'obtient au moyen des ressorts N, N.

On voit ainsi que chaque course de la tige de sonde fait écarter et rapprocher les palettes. Si donc à chaque levée de l'équipage on fait tourner le dragueur comme on a fait tourner le trépan, c'est-à-dire d'une petite portion de circonférence,

quand on aura répété cette manœuvre pendant un certain temps, toute la surface du fond du puits sera débarrassée des détritus, qui seront amenés dans le tube *y*, *y*. Ce travail se fait, comme le battage, au moyen du cylindre à vapeur.

Quand le tube est rempli, ce qui arrive ordinairement au bout d'une demi-heure de manœuvre, on retire l'équipage. Le dragueur est attaché à sa potence *u u*, *fig.* 7, le tube suspendu à un chariot *z* qui l'amène au-dessus d'un wagon dans lequel les détritus s'écoulent quand on ouvre le clapet *v*.

On rajuste alors le trépan à la tige, on descend la sonde, et le battage recommence.

L'inspection des manœuvres de ces gigantesques appareils peut seule donner une idée exacte de la merveilleuse facilité avec laquelle s'exécutent ces diverses opérations. M. Kind assure que, quand il a complété son équipage de rechange, il peut forer ainsi de 8 à 10 mètres par mois, au prix moyen de 500 francs par mètre courant. C'est environ la moitié du prix que coûte l'établissement d'un puits cuvelé dans le Nord. Cinq ouvriers suffisent amplement pour le battage et toutes les autres manœuvres.

Il nous reste à décrire le mode de cuvelage qui va être employé pour achever le puits de Stiring. La couche de terrain imperméable se rencontrant un peu au-dessus de 110 mètres de profondeur, c'est à ce niveau que l'on arrêtera le forage. On descendra dans le puits un cylindre en fonte M (*fig.* 12), de $3^m,50$ de diamètre intérieur et de $2^m,00$ environ de hauteur, tourné à l'extérieur. Ce cylindre, dont le poids est de 10,000 kilog. environ, porte contre le rebord dont il est muni à sa partie inférieure, une couronne R en bois tendre, qui, s'appliquant sur le terrain du fond *f f*, en prendra toutes les inégalités, et rendra étanche la jonction du cylindre et du terrain imperméable. Sur ce cylindre en fonte s'ajustera un premier cylindre en bois N, formé de douves verticales bien jointives, adaptées à un fort plancher horizontal P muni d'une soupape S, que l'on pourra manœuvrer de la surface jusqu'au fond du puits. Ces deux cy-

lindres porteurs étant suspendus à l'orifice du puits, le plancher horizontal viendra s'appuyer sur l'eau, soutiendra l'ensemble jusqu'à un certain point et soulagera les tiges de suspension formées de quatre grandes vis en fer. Sur le premier cylindre on ajustera un second rang de douves Q de 2^m à $2^m,50$ de longueur, relié au premier par des frettes en fer *e e* boulonnées aux extrémités des douves et noyées dans leur épaisseur. A mesure qu'un rang de douves sera placé, on laissera descendre l'appareil en ouvrant la soupape du plancher horizontal, et l'on continuera ainsi le cuvelage jusqu'à ce que le cylindre en fonte parvienne au solide : à ce moment, on coulera dans l'espace annulaire extérieur *j j* du mortier hydraulique, puis on descendra par la compression le cylindre en bois, qui refoulera le mortier contre le terrain et arrêtera toute venue d'eau ; le vide extérieur sera ainsi comblé jusqu'au jour. On fermera la soupape et on épuisera l'intérieur du puits, rendu ainsi complétement étanche.

Les limites de cette note nous empêchent d'entrer plus longuement dans les détails ingénieux que l'on rencontre dans ce beau travail ; mais d'après ce que nous venons d'esquisser, on peut voir que M. Kind, en exécutant le percement du puits de Stiring, élève à un haut degré l'art du sondage, et rend ainsi à l'exploitation des mines un service signalé.

MÉMOIRE N° XXI.

Recherches analytiques sur les Rouges employés dans la peinture sur porcelaine;

Par M. SALVÉTAT,

Chimiste de la Manufacture nationale de Porcelaine de Sèvres.

Les rouges pour peindre sur porcelaine ont dans la palette une grande importance ; c'est à l'aide de ces couleurs que les peintres de figure obtiennent leurs carnations ; c'est par le concours des rouges et des couleurs tirées de l'or que les fleuristes représentent les fleurs rouges et roses ; les paysagistes eux-mêmes en font un usage très-fréquent.

On les prépare avec de l'oxyde de fer qu'on a soumis à une température variable, suivant le ton qu'on veut obtenir. On sait que la nuance de l'oxyde de fer varie du rouge orangé au rouge violâtre foncé, suivant la température à laquelle on l'a porté. On mêle l'oxyde du ton demandé avec trois fois son poids du fondant dit *aux gris*, composé de borax 1, sable 2, mine orange 6, et l'on broie sans fondre.

Malgré la simplicité de ces dosages et la préparation facile de l'oxyde de fer à l'état de pureté, les rouges pour porcelaine sont encore rangés parmi les couleurs qu'il est très-difficile d'obtenir avec toutes les qualités désirables.

Les premiers rouges de belle qualité furent faits par Dihl, qui les obtint avec un oxyde qu'il faisait, dit-on, venir de Prusse; Bourgeois, habile chimiste de Paris, en fit également d'une grande beauté ; mais les rouges qui ont acquis le plus de célébrité furent ceux que M. Pannetier préparait pour Mme Jacotot, et qui brillent de tout leur éclat dans les chefs-d'œuvre de cette

célèbre artiste. Les peintres les plus habiles s'accordent à reconnaître dans ces couleurs une vivacité de nuance, une transparence, une fusion que ne présentent pas les rouges des autres chimistes.

La série des rouges de M. Pannetier se compose de onze nuances, qui se dégradent de l'orangé au gris, dans l'ordre suivant :

	NOMENCLATURE DE SÈVRES :	
Orangé	N° 55.	Rouge orangé.
Rouge n° 1	— 56.	Rouge capucine.
Rouge n° 2	— 58.	Rouge sanguin.
Rouge n° 3	— 62.	Rouge de chair.
Rouge n° 4	— 63.	Rouge carminé.
Rouge n° 5	— 64.	Rouge laqueux.
Violet de fer n° 6	— 66.	Rouge violâtre pâle.
Violet de fer n° 7	— 66 A.	Rouge violâtre.
Violet de fer n° 8	— 66 B.	Rouge violâtre foncé.
Violet de fer n° 9	— 66 C.	Rouge violât. très-foncé.
Gris de fer n° 10.	— 66 D.	Gris de fer.

Ces nuances, depuis la première jusqu'à la dernière, forment une série de types dont on a pu approcher quelquefois, mais dont on est souvent resté fort éloigné, surtout dans la préparation des extrêmes ; on n'a en effet jusqu'à ce jour rien fait qui approchât soit du rouge orangé, soit du gris de fer dont il est ici question.

J'ai pensé qu'il y aurait quelque intérêt à connaître si l'oxyde de fer seul pouvait donner cette dégradation de nuance commençant au rouge orangé n° 55, et se terminant au gris de fer n° 66 D ; et dans le cas où ces nuances ne pourraient être obtenues que par des mélanges, de quelle nature étaient ces mélanges, et dans quelles proportions il convenait de les opérer. Il m'a paru utile aussi de constater s'il y avait identité complète entre le fondant employé par tous les chimistes, et celui dont M. Pannetier faisait usage ; les qualités de ce dernier

ne sauraient être révoquées en doute devant le savant emploi qu'en fit Mme Jacotot pendant sa brillante carrière artistique. Enfin j'ai désiré savoir si les proportions relatives du fondant et du principe colorant étaient celles indiquées dans tous les traités de chimie.

Ces diverses considérations m'ont engagé à faire l'analyse des rouges de M. Pannetier, et c'est le résultat de ce travail qui m'a permis d'améliorer d'une manière notable les rouges de la palette de Sèvres, en me renfermant du reste dans les données analytiques que je présente ici.

1. *Rouge orangé (Pannetier). — N° 55 Rouge orangé (Sèvres). — Orangé (Premier cercle chromatique) (Chevreul).*

Cette couleur correspond par sa nuance à l'*orangé* du premier cercle chromatique de M. Chevreul ; je la désignerai dorénavant par cette expression.

Je ne connais aucun chimiste autre que M. Pannetier qui ait obtenu avec le fer une nuance se rapprochant autant de l'orangé normal ; toutes les tentatives que j'avais faites moi-même antérieurement à ces recherches, à l'aide de l'oxyde de fer pur, me donnaient constamment une couleur trop rouge, s'accordant toujours avec le rouge capucine, qui suit celui dont je m'occupe maintenant. L'analyse m'a démontré qu'il y avait de l'oxyde de zinc dans l'orangé de M. Pannetier ; cette particularité explique du reste parfaitement bien le ton légèrement ocreux du rouge en question. Comparé à l'orangé du premier cercle chromatique de M. Chevreul, le rouge orangé de M. Pannetier est en effet faiblement rabattu, c'est-à-dire rompu par des traces de brun.

Une attaque de la couleur par l'acide hydrofluorique m'a fait découvrir dans cette composition de la silice, de l'acide borique, de la soude et de l'oxyde de plomb, constituant le fondant, et des oxydes de fer, de zinc, avec des traces d'alumine, comme formant le principe colorant.

L'analyse quantitative a été faite par le procédé suivant : une fusion préalable avec le carbonate de soude a rendu la substance entièrement soluble dans l'acide nitrique. La dissolution évaporée à siccité a donné un dépôt de silice, qu'on a jeté sur un filtre, lavé, calciné et pesé.

Dans la dissolution filtrée on a fait passer un courant d'hydrogène sulfuré, qui a précipité une grande quantité de sulfure de plomb, mêlé de soufre, provenant de la réduction du persel de fer par l'acide hydrosulfurique. Le sulfure de plomb lavé à l'eau chargée d'hydrogène sulfuré a été traité par l'acide nitrique fumant, calciné, imbibé de nouveau d'acide sulfurique, d'acide nitrique fumant, légèrement rougi et pesé. La quantité de l'oxyde de plomb a été déduite du poids du sulfate de plomb ainsi trouvé.

La liqueur, débarrassée du sulfure de plomb, a été neutralisée par l'ammoniaque, puis précipitée par l'hydrosulfate d'ammoniaque, avec lequel on l'a laissée en digestion pendant vingt-quatre heures pour ne pas entraîner d'acide borique. Le sulfure de fer et de zinc ainsi obtenu, lavé à l'eau chargée d'hydrosulfate d'ammoniaque, a été jeté sur un filtre, puis traité à chaud par l'acide chlorhydrique de concentration moyenne. On a filtré, fait bouillir avec l'acide nitrique, pour peroxyder le fer, et précipité par un excès d'ammoniaque qui a formé un volumineux dépôt d'oxyde de fer et d'alumine. Ces deux oxydes ont été séparés l'un de l'autre par les procédés connus ; il n'y avait que des traces d'alumine.

La dissolution ammoniacale a été neutralisée, puis précipitée par l'hydrosulfate d'ammoniaque ; le sulfure de zinc, bien lavé, a été redissous et précipité par le carbonate de potasse ; le dépôt, lavé, a été calciné, puis pesé.

L'eau, débarrassée des sulfures de fer et de zinc, ne contenait ni chaux ni magnésie.

On avait trop peu de matière pour doser directement l'alcali et l'acide borique ; on les a dosés par différence, en con-

sidérant la perte comme du borax. On verra par les analyses qui suivent qu'on était fondé dans cette supposition.

On a trouvé dans cette couleur :

Silice.	17.48
Oxyde de plomb.	51.54
Borax.	13.08
Oxyde de fer.	14.10
Oxyde de zinc	3.80
Alumine	traces.
	100.00

En formant d'après ces données un oxyde composé d'oxydes de zinc et de fer dans les proportions indiquées, j'ai pu reproduire sans peine l'orangé de M. Pannetier, avec la nuance de jaune à laquelle il ne m'avait pas encore été permis d'arriver en me servant d'oxyde de fer pur.

On mélange à cet effet des dissolutions opérées à froid dans l'acide hydrochlorique de 10 fer métallique et 5 zinc distillé. On précipite par le carbonate de soude, on lave et on attend pour faire sécher que l'oxygène de l'eau de lavage et l'exposition à l'air aient fait passer à l'état de peroxyde le dépôt verdâtre obtenu au moment de la précipitation. On fait sécher, et on expose l'oxyde à une température rouge sombre ; on le mêle enfin avec une partie d'oxyde au quatrième rouge orangé pour une partie de l'oxyde zincifère qui précède.

Ce dernier oxyde composé est mêlé au fondant formé de : borax fondu 3/4, mine orange 3, sable 1, dans la proportion de 475 parties de fondant pour 100 d'oxyde. Nous ne nous occuperons que plus loin de la comparaison de ce fondant avec le fondant aux gris ; mais je ferai remarquer ici que l'excès de fondant a pour but spécial de favoriser encore le développement de la nuance jaune propre au silicate de plomb et de fer, dont j'ai déjà signalé la formation dans une autre circonstance. (*Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1re série, page 23.)

II. *Rouge N° 4 (Pannelier). — N° 56. Rouge capucine (Sèvres.) — Quatrième rouge orangé (Premier cercle chromatique) (Chevreul).*

Ce rouge, qui contient pour l'œil moins de jaune que le précédent, qui par conséquent se rapproche davantage du rouge pur, correspond au quatrième rouge orangé du premier cercle chromatique de M. Chevreul. C'est sous ce nom que je proposerai de le désigner. On l'obtient assez facilement avec l'oxyde de fer pur. C'est, jusqu'à ce jour, le rouge le plus orangé qu'il soit possible d'obtenir au moyen de l'oxyde de fer anhydre et pur. Je dis anhydre et pur, car l'oxyde de fer hydraté dans lequel l'eau peut être remplacée par de l'oxyde de zinc, et probablement aussi par d'autres oxydes, sans que la teinte soit modifiée, même à une température rouge vif, forme une nuance plus jaune, mais rabattue, qu'on connaît sous le nom d'*ocre* ou *brun-jaune.*

L'analyse a fait découvrir dans ce rouge les mêmes éléments que dans celui qui précède, à l'exception de l'oxyde de zinc, qui manque complétement; nous avons trouvé aussi quelques traces d'alumine.

L'analyse quantitative a été dirigée en vue d'une détermination directe de la soude. Cette soude a été supposée contenue à l'état de borax; on a dû doser l'acide silicique par différence.

La matière pulvérisée a été attaquée par l'acide hydrofluorique. Les fluorures, évaporés à sec, ont été transformés en sulfates, et ceux-ci en sulfures, par une affusion d'hydrogène sulfuré sur le mélange légèrement acidifié. On a, comme précédemment, dosé le plomb à l'état de sulfate; on a chassé l'excès d'hydrogène sulfuré, peroxydé le fer par un courant de chlore, puis précipité par l'ammoniaque. L'oxyde de fer a été séparé de l'alumine comme nous l'avons déjà dit.

La liqueur, dépouillée de plomb, d'alumine et d'oxyde de fer, a été évaporée à sec; le résidu, fondu dans une atmosphère de carbonate ammoniacal, a été pesé. D'après le poids du sulfate

de soude, on a calculé la quantité de soude, ce qui a donné un poids correspondant de borax ; on n'avait découvert ni chaux, ni magnésie.

On a ainsi trouvé :

Silice	16.60
Oxyde de plomb	50.39
Borax	12.51
Oxyde de fer	20.50
Alumine	traces.
	100.00

L'oxyde de fer de la nuance indiquée se prépare en calcinant, à la température la plus basse possible, le sulfate de protoxyde de fer; il doit cependant conserver la nuance dont nous parlons à une température correspondante au feu d'ébauche (environ 800° du thermomètre centigrade). Il n'y a aucun inconvénient à ne pas atteindre ce degré de chaleur; il est même préférable de rester un peu au-dessous. — L'important est que l'oxyde ait à peu près son ton à l'emploi. On lave l'oxyde à l'eau chaude, et on le fait sécher.

III. *Rouge N° 2. (Pannetier.) — N° 58. Rouge-sanguin (Sèvres.) — Troisième rouge orangé (Premier cercle chromatique) (Chevreul).*

Le rouge-sanguin est plus franchement rouge, et contient pour l'œil encore moins de jaune que le rouge-capucine; il correspond au troisième rouge orangé du premier cercle chromatique de M. Chevreul. C'est avec cette couleur que j'ai pu faire le norme de ce premier cercle : nous l'appellerons donc troisième rouge orangé.

On l'obtient avec l'oxyde de fer pur provenant de la décomposition par le feu du sulfate de protoxyde, et soumis à un degré de chaleur légèrement plus intense que lorsqu'il s'agit de préparer l'oxyde quatrième rouge orangé.

L'analyse quantitative n'a décelé dans cette couleur la

présence d'aucun oxyde étranger à ceux qui entrent dans la composition du rouge n° 1.

L'analyse quantitative a été faite sans autre modification à la marche suivie dans la décomposition du rouge orangé que celle nécessitée par l'absence de l'oxyde de zinc. C'est cette même méthode qui a été employée pour l'analyse des rouges n° 3, 4, 5, 6, 7 et 8. Nous n'aurons donc pas à y revenir.

Le borax a été, dans tous ces résultats, obtenu par différence; il se trouve donc toujours augmenté de la perte éprouvée pendant la manipulation.

Le rouge n° 2 a été trouvé composé de :

Silice.	16.90
Oxyde de plomb.	49.51
Borax.	13.39
Oxyde de fer	19.70
Alumine.	0.50.
	100.00.

IV. *Rouge N° 5 (Pannetier). — N° 62. Rouge de chair (Sèvres). Deuxième rouge orangé (Premier cercle chromatique) (Chevreul).*

Le rouge de chair porte une désignation qui indique assez bien son ton; il est plus rouge que le précédent, et c'est celui qui correspond au deuxième rouge orangé du premier cercle chromatique de M. Chevreul; ce sera pour nous le deuxième rouge orangé. Il n'est pas sans intérêt de dire ici que c'est le rouge le plus pur auquel on soit parvenu sur porcelaine, et il faut le dire à notre honte, mais à la louange des artistes qui, par de savantes combinaisons, par d'heureuses oppositions, ont su non-seulement s'en passer, mais encore faire croire qu'ils possédaient ces couleurs. Nous devons avouer que la palette du peintre de porcelaine manque des rouges, et que tous les tons non rabattus correspondant aux 1er rouge orangé, rouge orangé, 5^{e}, 4^{e}, 3^{e}, 2^{e}, 1er rouge, rouge, 5^{e}, 4^{e}, 3^{e} violet rouge,

n'ont pu être faits jusqu'à ce jour en couleurs vitrifiables ; c'est une lacune qu'il est difficile de combler aujourd'hui ; mais c'est la seule : le cercle comprenant soixante-douze couleurs, je suis parvenu à faire les soixante autres par des moyens très-simples que je ferai bientôt connaître pour répandre l'usage de la table chromatique, qui doit rendre aux sciences et aux arts de si grands services.

On a trouvé dans le rouge n° 3 de M. Pannetier :

Silice.	16.60
Oxyde de plomb.	49.18
Borax.	14.22
Oxyde de fer.	20.00
Alumine	traces.
	100.00.

V. *Rouge N° 4 (Pannetier). — N° 63 Rouge carminé (Sèvres).*

La désignation de Sèvres pour ce rouge et pour ceux qui suivent rend compte d'une manière assez exacte des différences de nuances qui distinguent ces couleurs. Elles appartiennent aux cercles qui comprennent les couleurs rabattues. Nous ne les trouvons plus dans le premier cercle chromatique de M. Chevreul; nous nous bornons à en faire connaître la composition (1) :

Silice.	16.30
Oxyde de plomb.	50.02
Borax.	13.68
Oxyde de fer.	20.00
Alumine	traces.
	100.00.

(1) Un mélange opéré à peu près par portions égales avec les rouges n° 2, 3 et 4 a été attaqué par l'acide hydrofluorique ; on y a trouvé :

Oxyde de plomb.	50.06
Borax.	12.12
Oxyde de fer.	20.50.

VI. *Rouge n° 5 (Pannetier). — N° 64. Rouge laqueux (Sèvres).*

Silice.	16.40
Oxyde de plomb.	49.44
Borax.	15.96
Oxyde de fer.	18.20
Alumine.	traces
	100.00

VII. *Violet de fer n° 6 (Pannetier).— N° 66. Rouge violâtre pâle (Sèvres).*

Silice.	16.85
Oxyde de plomb.	50.66
Borax.	12.06
Oxyde de fer.	19.83
Alumine.	traces
	100.00

Cette couleur et celles qui suivent sont désignées dans le commerce sous le nom général de *violets de fer.*

VIII. *Violet de fer n° 7 (Pannetier). — N° 66 A. Rouge violâtre (Sèvres).*

Silice.	16.39
Oxyde de plomb.	50.52
Borax.	12.01
Oxyde de fer.	21.08
Alumine.	traces
	100,00

Tous ces oxydes sont obtenus en soumettant à une chaleur de plus en plus intense les oxydes provenant de la décomposition par le feu du sulfate de fer.

IX. *Violet de fer n° 8 (Pannetier). — N° 66 B. Rouge violâtre foncé (Sèvres).*

L'oxide de fer pur calciné au feu le plus vif ne peut donner un ton plus foncé que le violet n° 7, qu'on doit dès lors consi-

dérer comme la limite de l'intensité à laquelle il est permis d'arriver avec l'oxyde de fer sans le secours d'aucun autre oxyde. Toutes les tentatives que j'ai faites pour obtenir un violet plus foncé ne m'ont amené à aucun résultat. J'ai dû rechercher si l'oxyde de fer contenu dans le violet n° 8 était exempt d'oxydes étrangers ; j'ai pu sans peine y reconnaître la présence du manganèse.

L'analyse a été faite par le procédé indiqué plus haut. On n'a pas cherché à séparer l'oxyde de fer de l'oxyde de manganèse ; il nous suffisait de constater la présence de ce dernier oxyde ; on a trouvé :

Silice.	16.56
Oxyde de plomb.	50.09
Borax.	15.36
Oxyde de fer et de manganèse. . . .	17.99
Alumine.	traces
	100.00

X. *Violet de fer n° 9 (Pannetier). — N° 66 C. Rouge violâtre très-foncé (Sèvres).*

Le ton de cette couleur est si foncé, qu'il ne renferme plus pour l'œil qu'une légère nuance de bleu. Elle contient encore de l'oxyde de manganèse intimement combiné à l'oxyde de fer ; il y est en plus grande quantité que dans le violet précédent, et c'est cet excès du premier oxyde qui communique à la couleur sa vigueur distinctive.

L'analyse a été faite par le procédé déjà décrit ; on a séparé les oxydes de fer et de manganèse à l'aide du succinate d'ammoniaque, en prenant toutes les précautions connues ; on a trouvé :

Silice.	16.40
Oxyde de plomb.	50.60
Borax.	12.14
Oxyde de fer.	18.71
Oxyde de manganèse.	2.15
Alumine.	traces
	100.00

XI. *Gris de fer n° 10 (Pannetier). — N° 66 D. Gris de fer (Sèvres).*

Cette couleur est très-recherchée, et comme sa nuance est assez franchement noire et assez intense, elle offre de grandes ressources aux peintres de figures, qui s'en servent avec avantage pour rompre les tons des chairs, sans crainte de les voir noircir par le fait de la cuisson au delà de ce qu'ils ont voulu obtenir. Elle ne renferme pas d'oxyde de cobalt, mais une assez forte proportion d'oxyde de manganèse. L'analyse a été faite exactement par la méthode employée pour le n° 66 C; elle a conduit aux résultats suivants :

Silice.	17.09
Oxyde de plomb.	47.30
Borax.	17.01
Oxyde de fer et de manganèse. . . .	18.60
Alumine.	traces
	100.00

On prépare les oxydes qui servent à faire les couleurs marquées nos 66 B, 66 C et 66 D, en suivant la même méthode que celle que nous avons suivie pour faire les rouges précédents. L'addition du manganèse est une opération très-délicate. Je ferai connaître l'état sous lequel il convient le mieux de l'y faire entrer, dans une note spéciale où je traiterai de l'influence des modifications moléculaires sur les propriétés de plusieurs oxydes métalliques.

On voit par les analyses qui précèdent, que les couleurs de fer de M. Pannetier se composent toutes, à peu de chose près, des mêmes éléments, combinés dans les mêmes proportions, surtout si l'on réunit pour chaque couleur l'alumine et les oxydes de fer, de zinc et de manganèse. On aperçoit tout de suite que le principe fusible reste identique; la matière colorante seule varie de couleur, et nous avons fait ressortir que cette variation dépend, soit de l'intensité de la chaleur que l'oxyde a subie,

soit de la nature des éléments qui entrent dans sa composition, soit enfin des proportions dans lesquelles ces mêmes éléments se trouvent combinés.

La moyenne de toutes les analyses que nous venons de rapporter conduit aux nombres qui suivent :

	Rapports.		*Rapports.*		
Silice.	1	16.72			
Oxyde de plomb.	3	49.93	80.47	4	fondant.
Borax.	3/4	13.82			
Oxydes réunis.	»	19.53	19.53	1	oxyde.
		100.00	100.00	5	

Le calcul, en partant des rapports que nous indiquons, donnerait :

	Rapports.		*Rapports.*		
Silice.	1	16.85			
Oxyde de plomb.	3	50.55	80.00	4	fondant.
Borax.	3/4	12.60			
Oxydes réunis.	»	20.00	20.00	1	oxyde.
		100.00	100.00	5	

Ces nombres s'accordent autant que possible. Le borax seul est en petit excès dans les données fournies par l'expérience; mais on a pu remarquer que ces données sont affectées de la perte d'expérimentation. Dans deux dosages de borax par un procédé direct, on a trouvé 12.51 et 12.12, qui se rapprochent beaucoup plus du nombre théorique, et qu'il convient d'admettre comme étant plus rapprochés de la vérité.

Maintenant que nous sommes fixés sur la composition des rouges que nous voulions examiner, nous pourrons les comparer avec ceux des autres chimistes. Nous avons commencé par faire connaître la manière dont ces derniers étaient préparés; nous pourrons facilement établir les proportions de leurs principes constituants. Nous les trouvons composés de :

	Rapports.			*Rapports.*
Silice.	1	16.67		
Oxyde de plomb.	3	50.00	75	3
Borax.	1/2	8.33		
Oxyde de fer.	»	25.00	25	1
		100.00	100	4

En rapprochant ces chiffres de ceux qui précèdent, on est forcé d'admettre que les quantités de plomb et de sable restant constantes, une quantité de l'oxyde dans les premiers est remplacée par son poids de borax ; on se rend immédiatement compte de l'influence de cette substitution sur la faculté fondante de la couleur.

La différence qui existe entre les deux séries de couleurs peut être traduite d'une manière plus sensible encore.

Dans les couleurs de M. Pannetier, le fondant se compose de sable 1, borax 3/4 et mine orange 3, composé plus fusible que celui dans lequel il n'entre que borax 1/2. Dans ces mêmes couleurs on trouve, pour 1 d'oxyde colorant, 4 de fondant ; tandis que dans les autres couleurs on trouve pour 1 d'oxyde colorant, seulement 3 de fondant : double modification qui augmente la fusibilité de la couleur.

Je ne m'arrêterai pas plus longtemps sur cette cause de la supériorité des couleurs qui font l'objet de cette note. Sous le point de vue du glacé, cette supériorité ressort trop évidemment de ce qui précède.

J'aborde actuellement la question de l'éclat et de la vivacité de la nuance ; j'ose croire qu'elle sera résolue d'une manière aussi simple par ce qui va suivre.

J'ai déjà dit que la différence de nuance qu'acquerait l'oxyde de fer (et ici nous ne parlons que de l'oxyde de fer pur) dépendait de la température à laquelle on l'avait porté. J'ajouterai maintenant que toutes ces nuances ne se maintiennent pas à la même hauteur : plus la température est élevée, plus le ton est vigoureux. Je rappellerai aussi que toutes les couleurs que prend

l'oxyde varient de l'orange au violet, c'est-à-dire qu'elles peuvent se décomposer en jaune rouge et bleu, couleurs simples qui donnent du gris plus ou moins foncé, suivant le degré d'intensité des trois couleurs élémentaires. Plus la température appliquée est basse, plus il reste de jaune ; plus elle est élevée, plus il s'ajoute de bleu.

Il me paraît évident d'après cela que la couleur sera d'autant plus pure que l'oxyde qui la produit sera formé de molécules identiques, par la modification qu'elles auront reçue d'une même température. La nuance sera donc d'une pureté parfaite si toutes les molécules ont reçu la température nécessaire pour la développer, si aucune n'a reçu un coup de feu capable de la modifier, ou trop faible, qui laisserait trop de jaune, ou trop violent, qui augmenterait la dose de bleu.

Le tour de main doit donc consister à ne composer la couleur que de particules d'oxyde ayant subi la même température. On parvient sans peine à atteindre ce but en n'opérant à la fois que sur de petites quantités et en agitant constamment la masse. On arrête le feu quand la température a été maintenue un temps suffisant ; on essaie toutes les opérations successives, et l'on ne réunit que celles qui, au point de vue de la nuance, offrent un résultat identique, celles qui affectent la vue de la même manière. Et c'est ici qu'un œil bien exercé, bien sensible, est de première nécessité ; c'est ici que des études artistiques, même sérieuses, deviennent le complément indispensable de la science du chimiste. Aussi M. Pannetier, qui pendant longtemps et avec succès s'était occupé de peinture, devait-il faire parvenir cette fabrication à un degré de perfection inconnu jusqu'à lui.

J'ai examiné avec attention le rôle de l'alumine, que quelques chimistes regardent comme avantageuse et même indispensable pour la préparation facile des rouges bien transparents ; j'ai pu facilement me convaincre, dans le cours de ce travail, que ce rôle était nul. Les rouges de M. Pannetier, à l'exception toutefois de l'orangé, dans un échantillon duquel j'en ai trouvé une quantité notable en remplacement de l'oxyde de zinc, ne

renferment que des traces d'alumine, et des oxydes que j'ai préparés de façon qu'ils continssent une certaine proportion de cet oxyde, ne m'ont présenté aucune supériorité marquée sur des rouges faits avec des oxydes qui n'en renfermaient pas.

Pour ne conserver nul doute à cet égard, j'ai pris quatre échantillons d'oxyde appelés *mars* dans la peinture à l'huile, chez M. Colcomb-Bourgeois, qui les prépare fort bien, et je les les ai, avant de m'en servir, soumis à l'analyse.

Ces échantillons renfermaient :

	N° 1. ORANGÉ.	N° 2. ROUGE.	N° 3. LAQUEUX.	N° 4. VIOLET.
Sable.....	6.80	7.04	2.80	9.00
Oxyde de fer...	88.00	85.66	82.70	76.00
Alumine.....	5.00	7.04	14.00	14.40
Chaux.....	»	»	»	0.50
Perte.....	0.20	0.26	0.50	0.10
	100.00	100.00	100.00	100.00

Je les ai mélangés avec quatre parties du fondant de M. Pannetier, et j'ai fait cuire sur de la porcelaine de Sèvres les couleurs ainsi préparées. Le résultat ne fut pas différent de ce qu'il était avec des oxydes non alumineux, et cependant la proportion d'alumine était assez considérable, surtout dans les nos 3 et 4.

Je ne prétends pas exclure toutes les qualités de l'alumine; peut-être pour des mars destinés soit à la miniature, soit à la peinture à l'huile, a-t-elle l'avantage d'étendre ou d'aviver la couleur; mais je crois pouvoir affirmer qu'elle n'est d'aucune utilité dans la préparation des rouges applicables à la peinture sur porcelaine.

CONCLUSIONS.

En résumé, je pense avoir démontré :

Que les rouges de M. Pannetier sont plus fusibles que ceux des autres chimistes, par la double raison qu'ils sont composés d'un fondant plus fusible que celui de ces derniers, et qu'ils renferment moins de principe colorant. J'ai donné la composition de ce fondant, et les proportions dans lesquelles il convient de le mêler à l'oxyde. Pour moi, devant l'épreuve répétée qui a été faite de ces couleurs, et leur réputation méritée, je n'hésite pas à adopter ces données ;

Que l'oxyde de fer peut, suivant le degré de feu auquel on l'a soumis, varier du quatrième rouge orangé au rouge violâtre, sans pouvoir descendre jusqu'à l'orangé ou dépasser en vigueur une certaine limite ; il faut, pour ces deux cas, avoir recours à des additions, dans des conditions déterminées, d'oxyde de zinc ou d'alumine pour obtenir l'orangé, et d'oxyde de manganèse, dans des proportions croissantes, pour avoir des violets de plus en plus foncés ;

Que l'alumine paraît être, contrairement à l'opinion reçue, sans influence (au moins dans les circonstances dans lesquelles je me suis placé) sur la pureté et la vivacité de la nuance que prend l'oxyde de fer pur dans les conditions que nous venons de relater.

J'espère avoir expliqué d'une manière satisfaisante les différences que présentent, sous le rapport de la beauté de la nuance, des oxydes de fer d'une égale pureté chimiqne. Je m'estimerais heureux d'avoir indiqué le moyen de les préparer dans les meilleures conditions.

J'ai cherché à désigner celles de ces couleurs qui ne sont pas rabattues par des noms plus fixes, plus raisonnés, en les comparant aux normes de M. Chevreul ; je crois que les désignations d'orangé, de quatrième, troisième, deuxième rouge orangé, devront être adoptées de préférence aux termes de rouge

orangé, rouge capucine, rouge de chair, qui sont vagues et indépendants les uns des autres. Nous ne sommes probablement pas éloignés du temps où la nomenclature, en quelque sorte mathématique, proposée par M. Chevreul, prévaudra non-seulement dans la science, mais même dans l'industrie, sur toutes les dénominations arbitraires en usage dans les laboratoires et dans les ateliers.

Note sur un barreau de grille de nouvelle forme présenté par M. Arson.

Par M. Léonce THOMAS.

M. Arson a adressé à la Société une note, avec dessin, relative à un nouveau barreau de grille, barreau qui présente l'avantage de ne pas se déformer.

De nombreuses et persévérantes tentatives, souvent renouvelées, pour modifier les grilles des foyers, ont montré que l'ancienne forme des barreaux, forme si simple, était aussi celle qui donne les meilleurs résultats. Les grilles mobiles elles-mêmes semblent ne pas devoir résister à une plus longue expérience. Une pratique éclairée a seulement prouvé qu'il y avait avantage à faire les barreaux ordinaires beaucoup plus minces et à laisser moins d'intervalle entre eux : l'air alimentant la combustion se trouve mieux réparti dans la masse de combustible qui recouvre la grille, et d'un autre côté, lorsqu'on emploie de la houille menue, il en tombe une moindre quantité entre les barreaux ; mais les barreaux minces sont sujets à se déformer rapidement sous l'influence de la chaleur. Pour atténuer cet inconvénient, on a quelquefois relié ensemble, par un boulon transversal passant par le milieu, tous les barreaux d'une grille. Le moyen trouvé et employé par M. Arson, à la plâtrerie de Vaux, qu'il exploite avec M. Belanger, est bien plus facile à appliquer et paraît devoir remédier complétement à l'inconvénient signalé des barreaux minces : il consiste à fondre ensemble deux barreaux, de manière qu'ils ne forment qu'une seule pièce par suite de leur contact à leurs extrémités ainsi qu'en

leur milieu. La simplicité de ce moyen en fait le mérite (*fig.* 13, 14 *et* 15, *pl.* 17). Le vide entre les barreaux est de 8 millimètres, pour une épaisseur de barreau de 12 millimètres. On pourrait réduire ce vide à 5 millimètres en conservant la même épaisseur de 12 millimètres. Nous avons établi plusieurs grilles à barreaux aussi rapprochés : elles se comportent assez bien depuis plusieurs années ; elles se comporteraient certainement mieux si les barreaux eussent été fondus deux par deux, suivant le mode dont M. Arson a eu l'heureuse idée.

Il y aurait une amélioration à apporter à l'idée de M. Arson : elle consisterait à relier les deux barreaux fondus ensemble en leur milieu par une saillie latérale ayant la forme circulaire, et inférieure à la surface de la grille, au lieu de les relier par une saillie rectangulaire partant de la surface de la grille, saillie qui gêne alors un peu l'introduction du ringard entre les barreaux.

Notice sur l'*Essai sur l'industrie des matières textiles*, par M. MICHEL ALCAN,

Par M. Victor BOIS.

Ce livre a comblé un vide dans les bibliothèques industrielles; l'auteur, en traitant un sujet qui n'avait jamais été examiné aussi complétement, et qui constitue cependant des industries d'une importance incontestable, a rendu un véritable service, et après avoir lu son livre, on reconnaît qu'en l'intitulant *Essai*, il a pris un titre trop modeste.

L'utilité de ce travail est surtout évidente quand on songe au rôle important que jouent les matières textiles dans la richesse publique.

Si l'on examine, en effet, la valeur des produits fabriqués avec ces matières premières, on trouve une proportion qui parle plus haut que les plus longues démonstrations ; on reconnaît que la production totale de la France en matières fabriquées ou sortant des manufactures est de 3,162,000,000 fr., et que les matières textiles entrent dans ce total pour un chiffre de 2,245,000,000 fr., soit plus des deux tiers de la totalité des produits manufacturés. Si l'on comprend dans le chiffre total de la production française les produits agricoles aussi bien que les produits manufacturés, on trouve un chiffre de 9,500,000,000 fr. dans lequel les matières textiles entrent pour une valeur de près d'un quart. En prenant les détails pour chaque nature de matière textile, et en décomposant le chiffre de 2,245,000,000, on arrive aux résultats suivants :

NATURE des MATIÈRES.	POIDS en kilogr. des matières premières mises en fabrication.	VALEUR en millions de francs.	VALEUR en millions des produits après leur fabrication.	PRIX de la fabrication	NOMBRE d'ouvriers employés.	SALAIRES en millions.
Coton.....	60,000,000	108	750	642	1,000,000	246
Lin et chanvre.....	110,000,000	125	525	400	350,000	122
Laine.....	55,000,000	250	550	300	400,000	110
Soie.....	3,000,000	150	360	210	260,000	103
Cachemires et autres matières textiles...	2,000,000	20	60	40	50,000	20
	230,000,000	653	2,245	1,592	2,060,000	601

Si l'on compare la fabrication des matières textiles à quelques autres branches importantes de l'industrie en général, on trouve par exemple que :

L'exploitation des mines produit 33,000,000 fr. et emploie 60,000 ouvriers;

L'industrie métallurgique produit: en fonte. 60,000,000 fr.
en fer . . 81,000,000 fr.

En tout. . . . . 141,000,000 fr.

et occupe 23,000 ouvriers ;

Les industries chimiques réunies produisent 22,000,000 fr., et occupent 4,000 ouvriers.

Ainsi aucune industrie ne soutient la comparaison avec l'industrie des matières textiles, et l'on voit toute l'importance de celle dont nous parlons ici, tant en raison des capitaux considérables qui y sont engagés que par le nombre des ouvriers qui y sont employés et par le chiffre élevé des produits fabriqués.

Si nous examinons maintenant le chiffre des produits exportés, nous arrivons à des résultats encore plus éloquents pour démontrer combien les matières textiles jouent un rôle important dans la richesse de la France ; on sait en effet que le meilleur symptôme de la richesse d'un pays est la quantité de produits exportés, puisque les produits exportés représentent une main-d'œuvre faite par les nationaux et payée par les capitaux étran-

gers, et constitue ainsi une véritable augmentation de la richesse de la France par le travail seul de ses habitants.

Les résultats des exportations sont les suivants :

Tissus de coton	128	millions
Tissus de lin et de chanvre	25	
Tissus de laine	104	
Tissus de soie.	141	
Fils de coton et de laine.	8	
Fils de soie	7	
Linge d'habillement.	16	
Total.	429	millions.

Le chiffre total des exportations étant de 848 millions, on reconnaît que les matières textiles entrent pour plus de moitié dans ce chiffre.

Comme on pourrait objecter que la plupart des matières premières avec lesquelles se fabriquent les tissus sont des produits étrangers et proviennent d'importations, nous répondrons par les chiffres suivants :

On importe : le coton pour 108 millions, c'est-à-dire pour la quantité totale des produits mis en fabrication, puisque la France n'en produit pas : 108 millions.

Les fils de coton pour.	3	
Le lin et le chanvre.	6	
Les fils de lin et de chanvre	35	
Les tissus de lin.	20	
Les laines.	50	
Les soies	64	
Les tissus de soie	6	
Donnant en tout . . .	292	millions.

En sorte que la différence entre les exportations et les importations est de 137 millions, qui sont gagnés annuellement à la France par l'industrie des matières textiles.

D'ailleurs, il était à peine besoin d'entrer dans tous ces détails. N'est-il pas évident que la France a, dans cette branche d'industrie, une supériorité incontestable et incontestée. Les expositions ne sont-elles pas là pour l'attester? Si donc nous avons pensé nécessaire de rappeler ces chiffres, c'est pour vérifier un fait sur lequel tout le monde est d'accord, et pour faire comprendre à quel point cette industrie mérite une étude approfondie, et combien, en présence de tous les livres qui ont été écrits sur les autres sujets, il importait que cette matière fût traitée par un homme spécial qui s'est appuyé, dans son livre, de sa propre expérience et de celle des principaux fabricants.

Les problèmes fondamentaux à résoudre dans l'industrie des étoffes consistent notamment dans une première transformation des matières premières en fils, et dans une seconde transformation par entrelacements des fils en tissus.

On sait, d'un autre côté, que les substances filamenteuses ou matières premières se présentent dans des états différents; qu'il y a, par exemple, une différence tranchée entre le coton et la soie. Qu'on le remarque en effet : le premier, dans son état naturel, est composé de petits filaments courts, ayant besoin d'une juxtaposition progressive pour être transformés en fils; la seconde, au contraire, se présente sous forme de peloton de fils de soie liés par une gomme, ces fils formant ce qu'on nomme le cocon. La soie n'a donc besoin que d'une préparation très-simple pour mettre les fils en liberté, en former une sorte d'agglomération pour constituer les soies grèges.

Ainsi, comme nous l'avons dit, les deux problèmes fondamentaux sont: d'une part, la transformation des matières premières en fils, ou FILATURE ; et d'autre part, la transformation des fils en tissus, ou TISSAGE.

La solution de ces deux problèmes nécessite l'examen des différentes natures des matières textiles, parce qu'en raison de leurs différentes propriétés, chacune d'elle exige des préparations spéciales afin d'obtenir ces deux résultats principaux.

C'est en examinant à un point de vue élevé ces problèmes

dans tous leurs détails que l'auteur de l'*Essai* a trouvé pour son livre une division à la fois claire et ingénieuse. Il a commencé par donner des notions générales sur l'industrie du coton, sur l'industrie du lin et du chanvre, sur l'industrie des laines, sur l'industrie de la soie. Puis, décrivant les préparations du premier degré, l'auteur passe en revue successivement toutes les matières textiles. Il démontre ainsi que, pour le COTON, les préparations du premier degré sont, après le choix et le mélange des différentes espèces, le *louvetage*, le *battage*, le *cardage*, le *débourrage*, l'*aiguisage*.

Pour le LIN et le CHANVRE, c'est le *rouissage*, le *broyage*, le *battage*, le *peignage*, le *cardage* et la *réunion des étoupes*.

Pour les LAINES, il distingue la laine cardée de la laine peignée. — Pour la LAINE CARDÉE, les préparations du premier degré sont : après le *triage*, le *désuintage*, le *lavage*, le *séchage*, le *battage*, le *louvetage*, le *graissage* et le *cardage*. Pour la LAINE PEIGNÉE, la différence consiste seulement en ce que le cardage est remplacé par le *peignage*.

Pour la SOIE, les préparations du premier degré consistent principalement dans l'étude des *magnaneries*.

Passant ensuite aux préparations du second degré, l'auteur décrit particulièrement les opérations à l'aide desquelles on transforme les matières premières en fils. Cette partie du livre constitue un véritable traité de la filature.

Pour le COTON, les différentes opérations par lesquelles il faut passer pour amener le fil à un état convenable pour le tissage, sont l'*étirage*, le *doublage* et le *laminage*, et l'auteur consacre une très grande place aux *bancs à broches*, qui jouent un si grand rôle dans l'industrie du coton.

Pour le LIN et le CHANVRE, ce sont encore les mêmes opérations ; mais les machines employées ne sont plus les mêmes, précisément parce que le chanvre ne se présente pas à l'état naturel avec les mêmes propriétés que le coton. C'est cette différence dans les propriétés qui nécessite une différence dans les machines.

Les fils du coton sont courts et sans consistance; les fils de lin et de chanvre sont beaucoup plus longs. Il faut, pour les premiers, qu'il s'opère une réunion plus intime des fibres, par des glissements successifs et parallèles. Il faut développer ces fibres, et les condenser par des laminages répétés de manière à les amener d'abord graduellement sous la forme d'un ruban d'une ténuité extrême et d'une homogénéité parfaite. Ce n'est qu'après cette opération que la matière peut être facilement transformée en fils réguliers et solides. Il faut pour les fils de lin et de chanvre, en raison de leurs propriétés initiales, des machines différentes pour arriver au même résultat. La principale modification consiste dans un système de petits *peignes* ou *gills*, formés d'aiguilles fines en acier et établis entre les cylindres fournisseurs et étireurs, de manière que le ruban les traverse pour se rendre des premiers aux derniers. L'étirage serait mal exécuté et sans régularité si ces petits peignes ne venaient soutenir et diriger les filaments pendant le travail. D'un autre côté, les fils de soie se présentent sous forme d'un peloton de fil collé au cocon par une gomme.

Toutes ces différences sont signalées avec détails par M. Alcan; il procède, pour ainsi dire, par l'analyse, et donne la solution des problèmes après les avoir posés et en avoir constaté les difficultés. La théorie générale des étirages dont nous avons donné une idée précédemment, est entièrement neuve et jette une vive lumière sur l'industrie des matières textiles.

Pour la LAINE, les préparations du second degré exigent l'emploi d'un certain nombre de machines variées qui, tout en étant destinées à atteindre le même résultat que pour les autres matières textiles, c'est-à-dire la production du fil, présentent cependant une construction particulière. Elles ont toutes pour but des *étirages* et des *doublages*; mais la nature de la matière première donnant à celle-ci des tendances à feutrer, le redressement et l'allongement des filaments ne pourraient avoir lieu qu'imparfaitement, si l'on ne possédait des machines détruisant ces propriétés feutrantes et qu'on a pour ce motif appelées

défeutreurs. Le *tortillonnage* a le même but que le défeutrage, et ce n'est qu'après le défeutrage que l'on fait ce qu'on nomme l'*étirage*, et quand, au lieu de livrer les rubans aplatis dans des pots, la machine employée les roule et les dispose sous forme de bobine, elle s'appelle *bobinoir*. En sorte qu'on distingue cinq sortes de machines pour les préparations du second degré de la laine: 1° les *réunisseuses*, 2° les *machines à tortillonner*, 3° les *défeutreurs*, 4° les *étirages proprement dits*, 5° les *bobinoirs*.

Toutes ces machines sont décrites avec talent et avec une profonde connaissance de la matière dans l'ouvrage que nous examinons.

Pour la Soie, il semble au premier abord que le *tirage* présente la plus grande simplicité; mais il faut remarquer que l'on doit arriver à avoir un fil parfaitement homogène, ayant le même diamètre sur toute sa longueur; il doit présenter une égale résistance et une élasticité parfaite sur tous les points de son développement; sa surface doit, de plus, être nette, lisse, brillante, et autant que possible exempte de duvet. Pour obtenir ces résultats, les machines qui se nomment *tours* se composent d'une *bassine* à eau chaude (1) pour contenir les cocons à dévider ; d'une *filière* pour livrer passage à un certain nombre de brins réunis qui forment le *fil grège ;* d'un *appareil croiseur* pour tordre ou plutôt pour frotter le fil, de manière à l'arrondir, à en comprimer l'humidité et à faire bien adhérer les brins entre eux; d'un *guide à translation alternative* ou va-et-vient, ayant pour but de faire croiser le fil sur le *dévidoir* afin qu'il ne se colle pas en revenant sur lui-même; enfin d'un *asple* ou *dévidoir* disposé au moyen d'un mouvement circulaire continu pour recevoir la soie qui lui est amenée par le va-et-vient.

---

(1) Nous disons « d'une bassine à eau chaude, » parce que jusqu'à présent on a pensé qu'on ne pouvait pas en user autrement ; mais nous apprenons à l'instant que MM. Alcan et Limet sont parvenus à s'en passer et à agir avec l'eau froide, ce qui présente de grands avantages.

C'est après avoir examiné les modes employés pour les préparations du premier et du second degré, que l'auteur du livre sur les matières textiles s'occupe du FILAGE.

Par les préparations du premier et du second degré, on a amené les matières filamenteuses à l'état de rubans ou mèches arrondies, déjà d'une très-grande longueur et d'une ténuité remarquable, mais ne présentant pas encore cependant ni la finesse, ni la régularité, ni la ténuité que les fils parfaits doivent offrir; c'est pour leur donner ces caractères qu'on leur fait subir la dernière transformation à laquelle l'auteur a réservé le nom de filage.

On se fera une idée de la précision des moyens qu'il faut employer pour l'étirage et pour le filage, quand on saura qu'il faut arriver à donner aux fils d'une même matière des finesses différentes et déterminées à l'avance; que les machines doivent être réglées et coordonnées de façon à pouvoir, dans chaque cas particulier, livrer le fil dans des conditions prévues. Ainsi, par exemple, quand on livre la matière aux machines à l'état brut, elles doivent, après une série d'opérations, la rendre à l'état de fil parfait, c'est-à-dire présentant des sections égales sur tous les points de sa longueur; et pour donner une idée de la délicatesse de l'opération, il suffit de dire que 500 grammes de matière première sont quelquefois appelés à fournir un fil de 200 kilomètres présentant dans toute sa longueur un diamètre parfaitement égal et régulier. Avant d'arriver au filage, il faut faire subir à ces matières des préparations du premier et du second degré : ce sont à peu près les mêmes opérations; mais combien les procédés sont différents, combien les machines sont variées, pour obtenir ce résultat définitif : avoir un fil résistant et uniforme !

On peut considérer le filage comme une préparation atteignant les limites extrêmes d'étirage et de torsion auxquelles on peut avantageusement soumettre les matières textiles. Mais s'il ne diffère pas des préparations par de nouveaux moyens employés, il en diffère sensiblement par la manière de les appli-

quer. Après ces considérations générales, l'auteur examine les différents MÉTIERS A FILER ; il les range en deux classes principales :

1° Les *Mull-Jenny*, dans lesquels le travail est alternatif; 2° les *métiers continus*.

Il passe en revue les différents métiers, signalant leurs avantages et leurs inconvénients; il donne le résultat de ses études sur le *moulinage de la soie*, tant anglais que français, sur le *numérotage* ou *titrage* des fils; il traite de l'*apprêt des fils*, du *chinage*, de la *fabrication d'étoffes façonnées* sans le secours du tissage, du foulage, ni de l'impression.

Mais nous avons hâte d'arriver à la partie du livre de M. Alcan qui contient un véritable traité de la fabrication des étoffes, ou du TISSAGE. Cette partie, de 300 pages, contient des considérations et des théories tellement neuves et en si grande abondance, qu'elle aurait pu à elle seule constituer un véritable traité *ex-professo*.

L'auteur commence par poser des principes que nous ne pouvons mieux faire que de reproduire sans y rien changer.

« Un tissu, dit-il, ou une étoffe de nature quelconque, est » une surface flexible et élastique de dimension donnée, formée » par l'entrelacement régulier de fils soumis à une certaine ten» sion et dont la superposition détermine l'épaisseur du tissu.

» Le système des fils longitudinaux a reçu le nom de *chaîne*, » celui des transversaux est appelé *trame*.

» Une seule course de trame égale à la largeur de la chaîne, » est désignée sous le nom de *duite*; plusieurs duites de cou» leurs différentes, superposées, ont reçu le nom d'une *passée*.

» La résistance d'une étoffe à la traction est supérieure à celle » de la somme des fils qui la composent.

» Elle peut être considérée comme proportionnelle à celle des » fils multipliés par le nombre de liaisons ou d'entrelacements » nécessaires à sa confection.

» L'espace occupé par une étoffe peut être moindre, égal ou » supérieur à celui qu'auraient occupé tous les fils qui la con-

» stituent, si on les avait rangés régulièrement les uns auprès » des autres sans les croiser. »

Ces principes posés sont ensuite développés et expliqués sur des exemples et avec des figures du plus grand intérêt, et M. Alcan a fait de cette industrie une véritable science, avec ses théorèmes, ses axiomes et ses problèmes.

Vient ensuite la classification des étoffes, que l'auteur fait de la manière suivante, en la basant sur la propriété même des tissus :

1re CLASSE. — Les *tissus à corps plein*, comprenant cinq genres, savoir : les tissus simples, les tissus doubles, les tissus des métiers à la tire ou faits au métier à la Jacquart, les tissus perfectionnés du genre précédent, composés d'un deuxième et quelquefois d'un troisième fil en travers, tels que les châles ; enfin les riches étoffes de velours, les tapis basses-lisses, etc.

2me CLASSE. — Les *tissus à jour et à fils mixtilignes*, tels que les gazes, les balzonines, les tarlatanes, etc.

3me CLASSE. — Les *tissus à mailles et à fils curvilignes*, comprennant trois genres, savoir : les tricotés, les tulles et les dentelles, enfin les tulles brodés.

Nous n'avous pas la prétention, on le comprendra, de passer en revue toutes ces fabrications, qui sont quelquefois très-complexes et qui exigent des machines d'une régularité et d'une perfection remarquables. Nous nous contenterons seulement de dire en quoi consistent les opérations du TISSAGE.

Les opérations à exécuter peuvent se diviser en *opérations préliminaires* et en *opérations du tissage proprement dit*.

Les premières ont pour but la disposition convenable des fils et de toutes les parties du métier, suivant le travail qu'on a en vue.

Les secondes transforment les fils en tissus.

Les opérations préliminaires, pour les étoffes unies, simples ou doubles, se réduisent aux suivantes :

1° Le *bobinage*, ou transport des fils sur des bobines ;

2° L'*ourdissage*, ou formation de la chaîne ;

3° Le *pliage et montage de la chaîne* sur le métier à tisser ;

4° Le *parage*, ou encollage de la chaîne, pour donner aux fils la résistance convenable pour le tissage :

5° La *préparation de la trame*, ou disposition sur des canettes ;

6° Le *remettage* ;

7° Le *montage du métier*, ou *son armure*.

Pour les étoffes façonnées il faut ajouter :

8° La *mise en carte du dessin* ;

9° Le *lissage*, *le perçage* et l'assemblage des cartons ;

10° Les divers *empoutages* ;

11° L'*appareillage du métier*, comprenant le colletage et le pendage.

Les principaux systèmes de métiers employés sont :

Pour les *basses-lisses* :

1° Le métier ordinaire à marches, mû par l'ouvrier,

2° Les métiers mécaniques,

3° Les métiers à cylindre,

4° Le métier à la Jacquart ;

Pour les *hautes-lisses* :

5° Le métier à hautes-lisses,

6° Le métier mixte, à basses ou à hautes-lisses, à volonté ;

Pour les *métiers à mailles* :

7° Les métiers à tulle,

8° Les métiers à tricot.

Nous ne pouvons dire qu'un mot de ces diverses opérations, pour la description desquelles nous renvoyons au livre de M. A'can (page 457 et suivantes).

1° Quand les fils sortent de la filature, ils sont livrés sous forme d'écheveaux ou de fuseaux. Il faut, pour les transformer en tissus, commencer par les dévider sur des *bobinoirs*, et c'est ce qui constitue la première opération du tissage.

2° Après le *bobinage* vient l'*ourdissage*. Ourdir, c'est assembler parallèlement entre eux, à une égale longueur et sous la

même tension, un certain nombre de fils dont l'ensemble a reçu le nom de *chaîne*.

3° Pour plier une chaîne, on l'enlève de l'ourdissoir et on la dispose sur le cylindre *ensouple* du métier à tisser.

4° Les fils des chaînes étant soumis à des mouvements assez rapides et à des chocs brusques pendant le tissage, ont besoin de pouvoir glisser facilement dans les dents du peigne et dans les boucles des lisses, et de présenter une résistance suffisante Pour faciliter leur action et augmenter leur solidité, on enduit de colle ceux dont les surfaces ne sont pas assez unies et qui n'offrent pas assez de solidité; c'est à cette réparation qu'on a donné le nom d'*encollage* ou de *parage*.

5° La préparation de la *trame* diffère peu de la préparation de la *chaîne*.

6° De toutes les opérations préliminaires du tissage, les plus compliquées sont peut-être les *remettages* et *armures*. La chaîne étant enroulée et disposée convenablement sur un cylindre ensouple du métier à tisser, il s'agit d'établir la communication entre tous les fils et les leviers qui doivent le faire mouvoir. Cette communication a lieu par l'entremise des *lisses* ou *lames*. L'opération qui consiste à faire passer les fils dans celles-ci et à leur faire occuper des places convenables pour pouvoir effectuer des croisements déterminés, se nomme *remettage*. La réunion des lisses nécessaires à produire un effet déterminé est désignée sous le nom de *remise*.

7° Après le remettage, il faut établir les communications entre les *lisses* et les *leviers* ou *marches*, qui doivent leur transmettre le mouvement. Les relations des lames avec les marches ont reçu le nom d'*armures*. Ce nom est également réservé aux entrelacements des fils qui en sont les conséquences. Armer un métier, c'est le disposer de manière à fonctionner. Les armures varient suivant les étoffes qu'il s'agit de confectionner.

8° La *mise en carte*, qui ne se fait que pour les étoffes d'un tissage compliqué, constitue les opérations suivantes. — On indique toutes les positions relatives des fils de la chaîne et de la

trame dans la figure que l'on veut tisser, en la dessinant sur un papier quadrillé, de telle sorte que les lignes verticales figurent les fils de la chaîne, et les horizontales ceux de la trame ; en coloriant ensuite le dessin avec les teintes qu'on lui destine, on jugera facilement à l'avance de l'effet qu'offrira l'étoffe fabriquée.

9° Après la mise en carte, il faut percer les cartons dans l'ordre exigé par la mise en carte : c'est ce qu'on nomme *lisage* et *perçage des cartons*. Après cela, on procède à leur assemblage.

10° Les divers empoutages ont pour but de réunir en faisceaux un certain nombre de fils, suivant un ordre régulier et déterminé, pour les faire mouvoir simultanément, et simplifier, par conséquent, le montage du métier.

11° Enfin, on procède, après toutes ces opérations, à l'appareillage du métier, comprenant le colletage et le pendage, destinés à faire passer les collets ou cordes d'empoutages dans les trous d'une planche à collets, percée en quinconce, afin d'assurer le jeu régulier des fils dans leurs mouvements. Lors de leur soulèvement, ils sont guidés par les collets abandonnés à eux-mêmes ; ils reviennent au moyen des plombs.

Quant aux métiers mécaniques, il ne peut entrer dans notre cadre de donner la description de toutes leurs variétés. L'auteur a raison de dire à ce sujet : « Aucune spécialité industrielle ne » présente une quantité plus considérable d'inventions ou, pour » être plus exact, d'inventeurs. Depuis que l'impulsion a été » donnée, chaque jour a vu apparaître un nouveau métier méca- » nique à tisser, tant en Angleterre qu'en France, et cependant » aucun n'a encore réalisé toutes les conditions que doit pré- » senter un métier mécanique parfait. »

Ces conditions, d'après M. Alcan, sont les suivantes : « La » chaîne doit être également tendue pendant toute la durée du » travail. La trame doit se dérouler uniformément et être con- » stamment serrée avec la même force. Le tissu doit toujours » recevoir le choc du battant au même point et avec la même » intensité ; l'enroulement de l'étoffe fabriquée doit être uni-

» forme, de manière qu'on enroule une quantité égale dans » le même temps. Ces conditions doivent être réalisées sans fa- » tiguer les fils.

» Le métier doit pouvoir s'arrêter instantanément et de lui- » même quand les fils viennent à casser. Son montage doit être » prompt, facile, et les éléments de rechange qui le composent » exiger peu d'entretien.

» Enfin, toutes les parties doivent être calculées de manière » à présenter un maximum de résistance avec un minimum de » matière. »

C'est par des préceptes généraux de cette nature que l'auteur de l'*Essai* procède pour donner le résumé de toute une industrie, d'une manière nette et concise, et pour ouvrir la voie des perfectionnements. Souvent il résout lui-même les problèmes; toujours il les pose en indiquant la marche à suivre pour les résoudre. Plus que tout autre, il a poussé en avant cette industrie si importante des matières textiles; il l'a étudiée dans ses plus grands détails. Son *Essai* est un résumé de ses études théoriques et pratiques; il décrit cette vaste industrie sur le terrain de laquelle il convie les intelligences des mécaniciens, des constructeurs, des chimistes. On ne saurait trop le louer de la marche rationnelle qu'il a adoptée et qui lui appartient en toute propriété. Nul autre, avant lui, n'avait pris corps à corps ces matières diverses, destinées à faire des tissus; nul autre n'avait comparé leurs propriétés si différentes et qui présentent cependant tant de points de ressemblance.

Ce que nous devons surtout signaler comme remarquable, c'est que chacune des opérations est précédée d'une théorie claire et précise, déduite par l'auteur, et presque toujours entièrement neuve. Nous citerons, entre autres, celle des *étirages* : la théorie donnant la *loi des productions*, suivant la *finesse des fils;* la manière dont le *tissage façonné* est expliqué, et l'exemple tiré du portrait de Jacquart lui-même (page 581). Nous citerons encore la théorie du *foulage*, dont personne ne s'était occupé depuis Monge; une application de l'*abaque* pour la trans-

formation du numérotage ancien des fils en *numérotage métrique*, etc.

Le chapitre intitulé *De l'établissement des manufactures*, qui termine l'ouvrage, intéresse surtout à un très-haut degré notre Société, et nous ne pouvons nous défendre d'en dire un mot. Il contient en effet des aperçus applicables à d'autres industries. Suivant la méthode qu'on ne saurait trop louer, et qu'il a suivie dans tout le courant de son livre, l'auteur commence par poser les grands principes généraux de la manière suivante :

« GÉNÉRALITÉS. — Le résultat qu'une usine quelconque doit » se proposer consiste toujours dans la création de produits » relativement parfaits, aux conditions les plus avantageuses.

» Ce problème, d'un énoncé si simple, est sans contredit un » de ceux dont la solution exige le plus de connaissances posi- » tives ; car les éléments à considérer sont nombreux, variables » et complexes ; ils consistent :

» 1° Dans la facilité de l'approvisionnement des matières » premières ;

» 2° Dans le choix, la perfection, le prix du moteur, des ma- » chines, des outils et de leur agencement convenable ;

» 3° Dans la valeur de la main-d'œuvre ;

» 4° Dans le prix de l'argent, qui se compose des intérêts du » capital mort et roulant, et de l'amortissement du premier ;

» 5° Dans les diverses charges accessoires, telles que les im- » pôts généraux et locaux ;

» 6° Enfin, dans la certitude d'un débouché facile des pro- » duits manufacturés.

» Il est évident que la somme représentant les cinq premiers » éléments doit être, autant que possible, un minimum, et le » revenu provenant du débouché, un maximum. Pour se décider » sur le choix d'une industrie et d'une localité, pour l'établir, » il faudra donc toujours tâcher de se rendre un compte exact » de la valeur totale des cinq premières bases, pour les compa- » rer à celle qu'on peut espérer de la sixième. »

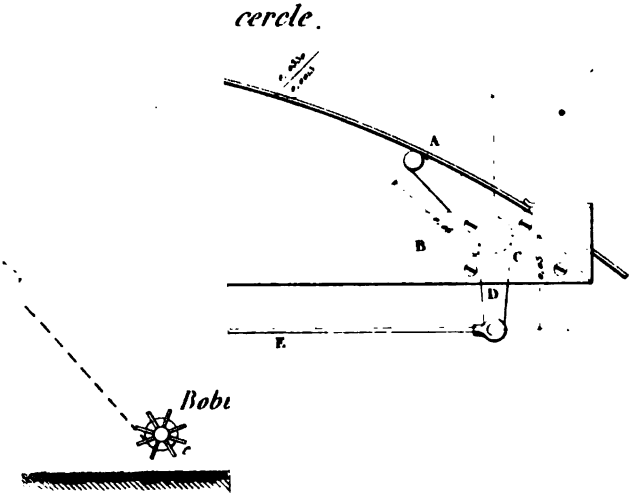
Le même chapitre contient un tableau des forces motrices

nécessaires aux machines employées dans les industries textiles.

Tout ce qui précède donne une idée suffisante du livre, et on ne peut s'empêcher de s'étonner, après l'avoir lu, de l'importance de cette industrie et du petit rôle comparatif qu'elle joue dans ce monde qu'on est convenu d'appeler le monde savant. On s'étonne que des chaires ne lui soient pas consacrées, quand un si grand nombre de départements de la France tirent toute leur richesse de cette industrie. Pourquoi le Conservatoire n'ouvre-t-il pas ses portes à cet enseignement? Nous savons qu'il a été réclamé plusieurs fois officiellement. Il existe un musée qu'il faudrait compléter, et qui présente cet intérêt historique et industriel d'avoir été commencé par Vaucanson.

On doit des remercîments sincères à l'auteur de l'*Essai sur l'industrie des matières textiles*, tant pour les résultats qu'il a enregistrés, que pour avoir, le premier, ouvert cette voie nouvelle des améliorations dans laquelle d'autres ne peuvent manquer de le suivre pour faire progresser une industrie dont la France doit être fière à si juste titre.

PARIS. — IMPRIMERIE CENTRALE DE NAPOLÉON CHAIX ET Cᵉ, RUE BERGÈRE. 20


cercle.
A
B
C
D
E
Bobi

nécc
Tc
ne p
port
joue
vant
qua
toul
n'o
qu'
mu
riq
(
l'i
em
vel
qu
Fr

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Juillet, Août, Septembre 1850.)

N° 10.

Dans le courant du mois de juillet la Société a reçu le programme du concours institué par le gouvernement autrichien, pour la construction des locomotives destinées à franchir le Sommering. Ce programme, exigeant qu'une machine exécutée fût présentée au concours et non pas seulement un projet, a malheureusement écarté les constructeurs français; on n'a donc pas ouvert de débats sur les questions qu'il soulève.

Un officier russe, chargé par son gouvernement de recueillir des renseignements sur la construction et l'entretien des ponts suspendus en France, s'est adressé à la Société pour connaître l'avis de ses membres qui ont le plus d'expérience sur cette matière. Comme une commission composée de MM. Vuignier, Victor Bois, Paul Seguin, Gerder, Deligny, Fournier et Bridel, a été primitivement chargée de résumer les questions relatives à l'établissement des ponts suspendus, il sera donné communication à l'envoyé russe du résultat des discussions soulevées dans le sein de la Société à la suite du rapport de la Commission.

La Société fait appel au concours de tous ses membres pour élucider le plus complétement possible cette question importante, sur laquelle il est d'autant plus nécessaire de fixer l'opi-

nion publique que les ponts suspendus ont été, depuis la triste catastrophe d'Angers, l'objet d'attaques fort vives et certainement injustes par leur généralité.

Les travaux de salubrité publique ont été l'objet des études de la Société. La question des égouts a été examinée dans les séances des 23 août et 6 septembre. Trois moyens différents ont été indiqués et discutés pour remplacer le mode actuel des vidanges dans la ville de Paris.

On a d'abord présenté le système suivi à Londres, où chaque maison est munie d'un appareil hydraulique qui permet de rejeter dans un égout, se rendant directement dans la Tamise, toutes les matières solides et liquides provenant des habitations, ce qui prévient les émanations désagréables ou dangereuses. La section, la pente et la quantité d'eau affluant dans les égouts suffisent pour que le curage se fasse naturellement et sans secours manuel. En outre, les détritus de la ville, les boues des rues, même de celles qui sont macadamisées, sont également conduits à la Tamise par des canaux souterrains.

On a fait observer qu'appliqué sans modifications à la ville de Paris, ce système aurait l'avantage d'assainir la cité et de la soustraire à la dure nécessité de voir circuler en plein jour 7 à 8,000 tonnes de matières infectes; mais il entraînerait la privation pour l'agriculture des 40,000 mètres cubes de matières solides qu'elle retire des vidanges, en même temps qu'il rendrait complétement impropres à l'alimentation de la ville les eaux de la Seine, déjà fort impures.

Pour remédier à cet inconvénient, on a proposé de faire déverser tous les égouts à construire perpendiculairement à la Seine dans deux canaux parallèles au fleuve, qui se rendraient dans de grands bassins de dépôt établis en aval de la ville. Ces bassins seraient divisés en compartiments, munis d'écluses et de filtres en sable qui permettraient d'épurer les eaux et de les jeter ensuite dans la Seine après une clarification suffisante.

On a ensuite exposé un système qui consisterait à demander à l'administration de la ville l'abandon du monopole qu'elle

conserve sur l'enlèvement des détritus de la cité. En laissant à l'industrie privée la liberté de ce travail, on verrait bientôt les conditions des vidanges changer à la satisfaction générale. On devrait seulement imposer aux entreprises de vidange la condition de désinfecter les produits solides et liquides. Si l'industrie privée restait chargée de ce soin, les propriétaires parisiens trouveraient bientôt une source de revenus là où ils rencontrent aujourd'hui un véritable impôt; en effet, tandis que l'on paie à Paris 9 à 10 fr. par mètre cube pour la vidange d'une fosse, à Lille on retire 0 fr. 75 c. pour la même quantité. Il en est de même à Strasbourg et à Grenoble, où le produit d'une fosse d'aisance s'élève en moyenne à 14 fr. environ.

En tout cas, il serait indispensable de ne pas abandonner les parties liquides, qui contiennent une très-notable proportion d'engrais. Il faudrait donc arriver à diminuer, autant que faire se peut, la quantité d'eau mélangée aux matières solides.

Enfin, le troisième système proposé laisserait subsister en partie le mode actuel de vidange. Il faudrait seulement que la désinfection se fît au moment de l'enlèvement des matières. Une poudre à base de fer, jetée dans les fosses et brassée avec les matières, produirait immédiatement la séparation des parties solides et des parties liquides. Les eaux vannes seraient alors enlevées sans inconvénients, et même, au besoin, déversées immédiatement sur la voie publique.

Comme on en peut juger, l'attention des Ingénieurs civils est appelée sur une question fort importante, dont l'étude et surtout la solution doivent produire d'excellents résultats pour l'hygiène publique.

Le concours du projet de pont suspendu sur le Rhin à Cologne a donné lieu, dans la séance du 2 août, à une communication de la part de deux membres de la Société, qui ont adressé des projets au gouvernement prussien.

Le programme adopté pour la construction de ce pont a forcé les Ingénieurs à proposer des systèmes d'une application très-dispendieuse.

On a manifesté le regret que le programme, évidemment tracé par des considérations d'un ordre très-élevé, n'ait pas permis de proposer une construction fixe.

Il a été donné à la Société quelques détails sur l'essai tenté pendant le mois d'août par la Compagnie concessionnaire du télégraphe électrique entre la France et l'Angleterre. Le fil conducteur était composé d'un fil de cuivre rouge de 0m,0015 de diamètre enveloppé de gutta-percha. L'ensemble avait 0m,008 de diamètre. Les deux extrémités étaient entourées de lames de plomb sur une longueur de 200 mètres. L'immersion de ce fil a très-bien réussi, et pendant une heure on a pu échanger des signaux entre l'Angleterre et le Continent. Au bout de ce temps, les communications furent interrompues. Quand on voulut en connaître la cause, on trouva le fil conducteur brisé au point où cessait l'enveloppe de plomb. La Compagnie, avant de rétablir un nouveau fil de dimensions plus fortes que celles adoptées pour le premier essai, fait faire des expériences pour vérifier de nouveau l'imperméabilité de la gutta-percha sous de hautes pressions. Les résultats de ces expériences seront communiqués à la Société.

La discussion sur les machines locomotives a continué pendant plusieurs séances. Jalouse de rendre cette étude aussi complète que possible, la Société a appelé à prendre part aux discussions, des Ingénieurs qui ne figurent pas parmi ses membres, mais dont les travaux et la réputation méritée rendaient le concours utile.

Depuis plusieurs années, le génie civil réclame instamment, en France, la liberté illimitée du roulage.

Plusieurs des membres de la Société ont donc vu avec satisfaction l'administration paraître vouloir entrer dans cette voie de progrès.

L'article 1er du projet de loi présenté à l'Assemblée législative confirmait cette sage mesure. Malheureusement, les articles suivants, qui réglementent la forme, la hauteur du chargement, la largeur et la longueur du train, etc., etc., sont autant de

restrictions qui, probablement, rendront illusoires ce que l'article 1er promettait d'améliorations possibles. Il est fâcheux de voir l'administration s'immiscer dans les questions d'art qui touchent à cette matière, lorsque l'expérience des dernières années devrait lui apprendre que l'industrie privée est mieux à même de suivre la marche la meilleure dans l'intérêt de tous.

Une réglementation sévère sur les transports avait été établie en Angleterre. Elle n'a pas tardé à tomber en désuétude, et dès lors il s'est fait un partage entre le transport des hommes, dont la vitesse a été sans cesse en croissant, et celui des marchandises, dont la vitesse, et par suite la dépense, ont diminué dans le même rapport.

L'agriculture, le commerce et l'industrie en France attendent encore une amélioration depuis longtemps en vigueur en Angleterre.

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

De M. Yvon-Villarceau, un mémoire sur les étoiles doubles, renfermant une méthode simple applicable à la résolution des équations du premier degré à plusieurs inconnues, quand le nombre des équations est plus grand que celui des inconnues (ce mémoire est inséré dans la Connaissance des temps pour 1852).

De M. Yvert, la traduction du mémoire anglais sur la détérioration de la voie du *London and North-Western Railway*.

De M. Goschler, les Éléments de géométrie descriptive de M. Babinet, et une Notice sur les mines de plomb de Bleiberg en Eifel (Prusse Rhénane).

De M. Gayrard, de nombreux documents de statistique industrielle et commerciale.

De M. E. Flachat, le profil du détroit du Pas-de-Calais, et un échantillon du fil électrique qui a fonctionné; deux dessins de la machine à vapeur l'*Océan*, construite aux usines du Creuzot, et une brochure sur la liberté illimitée du roulage demandée par le génie civil en 1834.

De M. Mirecki, une note relative à l'emploi des traverses du système Pouillet.

De M. C. Polonceau, le dessin d'un robinet graisseur à effet continu, et le dessin d'un charriot pour transporter les voitures de chemin de fer d'une voie sur une autre, sans plaque tournante.

La Société a perdu l'un de ses membres, M. Vincent, mort à Rio-Janeiro.

Les membres nouvellement admis sont :

Au mois de juillet :

M. Piquet, présenté par MM. Priestley, Faure et Callon.

Au mois d'août :

MM. Andry, présenté par MM. A. Barault, Lemaire-Teste et Léon Blot ;

Reytier, présenté par MM. E. Flachat, Stéphane Mony et Polonceau.

MÉMOIRE N° XXII.

Echappement variable à orifice annulaire ;

PAR M. A. LA SALLE.

L'échappement variable à orifice annulaire que je propose d'appliquer aux machines locomotives est fondé sur ce principe, que le tirage produit par un jet de vapeur est dû au frottement de la colonne de vapeur sur l'air ambiant, lequel se trouve ainsi entraîné par une force proportionnelle à la résistance qu'il oppose. Ainsi, si nous supposons que la colonne d'air renfermée dans la cheminée soit composée de couches cylindriques et concentriques, la première de ces couches, qui se trouve immédiatement en contact de la vapeur, reçoit de celle-ci une certaine impulsion qu'elle transmet elle-même en partie à la couche suivante, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'impulsion transmise soit trop faible pour vaincre les résistances qu'éprouve l'air à traverser le foyer et les tubes de la chaudière.

L'air contenu dans la cheminée étant continuellement entraîné de bas en haut, et étant immédiatement remplacé autour de la tuyère par l'air qui se trouve au-dessous et qui vient du foyer, il en résulte un tirage artificiel très-énergique, qui, en raison de la multiplicité des jets de vapeur, prend une certaine régularité.

Il est clair, du reste, que pour que cet effet se produise, il est indispensable que l'air se trouve enveloppé d'une cheminée ; car, s'il en était autrement, la pression exercée sur l'air par la colonne mouvante de vapeur tendrait plutôt à en éloigner les couches élastiques, et l'entraînement serait réduit à des proportions excessivement restreintes.

Le voisinage des parois fixes de la cheminée produit, au

contraire, une résistance à l'écartement des couches et provoque une sorte de laminage de l'air dont l'effet doit être plus ou moins lié au rapport existant entre les conditions de l'échappement et le diamètre de la cheminée.

L'action qui produit le tirage a été expliquée de diverses manières. La vapeur, en se dégageant et s'épanouissant un peu au-dessus de l'orifice de la tuyère, chasserait devant elle l'air contenu dans la cheminée, en laissant derrière elle un vide que viendrait combler immédiatement l'air ou les gaz venant des tubes et du foyer.

Ce mode d'action dans lequel la vapeur agirait, pour ainsi dire, comme un piston, peut avoir quelque influence dans les machines locomotives, à cause de l'intermittence du jet; mais il ne saurait être la cause unique de l'effet produit; car on obtient un très-bon tirage par un jet continu, cas dans lequel la même explication n'est point applicable.

S'il est naturel de penser qu'au commencement du dégagement, la vapeur, en se frayant un passage, déplace un volume d'air égal au sien propre, de même, il est rationnel de supposer qu'une fois le chemin frayé, elle doit continuer à se dégager sans déplacer une nouvelle quantité d'air.

Ainsi, on conçoit parfaitement que pendant toute la période de l'écoulement qui dure jusqu'au moment où le sommet de la colonne de vapeur atteint le sommet de la cheminée, elle déplace une quantité d'air égale en volume à son propre volume à ce moment donné; mais à partir de ce moment et tant que dure l'écoulement, l'air déplacé est continuellement remplacé par la nouvelle vapeur qui s'écoule, et non par l'air provenant des couches inférieures.

En peu de mots, tant que dure l'écoulement de la colonne de vapeur, le chemin frayé d'abord est rempli par cette même colonne, et il ne peut plus y avoir d'air entraîné que par le frottement de cette colonne sur l'air qui l'entoure.

Toujours est-il qu'on a cru remarquer que le jet intermittent des locomotives produisait plus d'effet utile que le jet continu

employé dans d'autres circonstances. Il est donc possible que, dans le premier cas, les deux causes agissent ensemble et concourent à augmenter l'effet.

Toutefois, nous devons le dire, nous ne pensons pas que le mode d'action décrit en dernier lieu ait une influence bien sensible sur le tirage; car pour une allure normale, c'est-à-dire lorsque la machine a atteint la vitesse constante à laquelle elle doit fonctionner, les jets se succèdent avec une telle rapidité que lorsqu'un nouveau jet se produit, le précédent n'est pas encore terminé, en sorte qu'il se trouve toujours de la vapeur prête à prendre la place de l'air déplacé.

Si donc il y a réellement plus d'effet utile produit avec l'intermittence du jet, cela doit tenir à d'autres circonstances, telles, par exemple, que les variations de la détente de la vapeur dans la cheminée qui tendent à faire varier à chaque instant le volume de la colonne d'écoulement; ou bien encore à la plus ou moins grande propension de la vapeur à s'épanouir suivant sa tension durant toutes les phases de l'écoulement.

Le principe que nous avons énoncé en premier lieu étant admis, voyons comment, avec une quantité déterminée de vapeur, nous pourrons faire varier l'intensité du tirage.

Il est évident d'abord que, toutes choses égales d'ailleurs, plus la colonne de vapeur qui s'écoule présentera de surface frottante, plus il y aura d'air directement entraîné. Or, cette surface est exprimée par le périmètre de la section de l'orifice d'échappement multiplié par la longueur de la colonne de vapeur écoulée; il y a donc intérêt à augmenter l'une ou l'autre de ces deux quantités.

Dans les machines locomotives, lorsqu'on veut produire plus de tirage, on serre l'échappement, c'est-à-dire qu'on diminue l'orifice de sortie. Or il arrive que, vu la forme de l'échappement en usage, on ne peut diminuer la section sans en diminuer en même temps le périmètre; mais, en diminuant la section, on augmente la longueur de la colonne de vapeur, et cette augmentation ayant lieu dans un plus grand rapport que la ré-

duction du périmètre, il en résulte que la surface frottante est augmentée.

En effet, supposons que l'échappement, grand ouvert, présente une section circulaire de 113 centimètres carrés ; le périmètre sera de $0^m,377$. Supposons maintenant que la section soit réduite de moitié, c'est-à-dire à 56 centimètres carrés ; le périmètre de cette nouvelle section sera de $0^m,266$. Si donc, par exemple, le volume moyen de la vapeur à dépenser est de 70 décimètres cubes par seconde, nous aurons pour longueur de la colonne de vapeur produite $6^m,28$ pour l'échappement grand ouvert ; $12^m,56$ pour l'échappement réduit de moitié, et les surfaces frottantes correspondantes seront :

$$0^m,377 \times 6,20 = 2^{mq},33.$$
$$\text{et } 0^m,266 \times 12,40 = 3^{mq},30.$$

D'où l'on voit que pour l'échappement serré, la surface frottante a augmenté de près de moitié.

Si, au contraire, le périmètre était resté le même dans les deux cas, l'échappement serré aurait produit le double de surface frottante.

Ainsi, nous voyons qu'avec un orifice à section circulaire, on peut, en le diminuant, augmenter la surface frottante ; mais on perd d'un côté une partie de ce que l'on gagne de l'autre.

Il est à remarquer, sous ce rapport, que l'échappement variable à clapets se trouve être dans de meilleures conditions qu'un échappement circulaire, par cette raison que la décroissance du périmètre y est moins sensible.

Nous avons établi jusqu'ici que plus il y a de surface frottante, plus il doit y avoir d'air entraîné ; mais de ce que la vapeur agit par frottement, il ne s'ensuit point que la quantité d'air entraînée doive être exactement proportionnelle à la quantité de surface frottante ; car les éléments principaux du travail de la vapeur sont la masse et la vitesse ; mais il est probable que l'effet utile pourrait être augmenté, si l'on adoptait une disposition plus propre à favoriser l'action directe de la vapeur, et

comme dans les circonstances actuelles, une très-faible portion du travail de la vapeur est mise à profit pour le tirage, il est permis de supposer que les forces sont mal ou incomplétement appliquées.

On remarquera, en outre, que d'après les principes admis dans l'écoulement des fluides, la résistance de l'air est proportionnelle au carré de la vitesse; par conséquent, puisque la vapeur agit par frottement, la force d'entraînement sera elle-même proportionnelle au carré de la vitesse d'éduction de la vapeur. En augmentant donc la tension de la vapeur, on augmentera l'effet utile dans un rapport plus grand qu'en augmentant le périmètre.

Examinons maintenant ce qui se passe dans les locomotives.

Dans ces machines, la vapeur qui produit le tirage est la même qui a servi de force motrice; il serait donc peu logique de lui conserver une tension plus grande que celle qui est rigoureusement nécessaire pour produire le tirage dont on a besoin. On doit, au contraire, chercher à diminuer cette tension par tous les moyens possibles; car non-seulement son travail n'est point utilisé pour la marche, mais elle exerce encore une contre-pression qui augmente la perte.

La contre-pression, abstraction faite des résistances qui proviennent du refoulement momentané de la vapeur motrice introduite avant la fin de la course du piston, et de la compression de la vapeur détendue à partir du moment où le tiroir ferme l'orifice de dégagement jusqu'à celui où l'introduction se fait, se manifeste par trois résistances distinctes, pour ainsi dire indépendantes les unes des autres, et qui toutes trois concourent à maintenir en tension la vapeur de dégagement.

Ces résistances sont dues :

1° A la tension que conserve la vapeur, après qu'elle a cessé d'agir sur le piston comme force motrice, laquelle, s'exerçant dans tous les sens, agit aussi bien sur le piston dans le sens contraire au mouvement que dans la direction de l'orifice de dégagement :

2° Au rétrécissement et à la forme des orifices de dégagement qui obligent le piston à pousser le fluide qui se trouve devant lui et à le faire sortir avec une vitesse relative, plus grande que la vitesse due à sa tension naturelle.

Cette résistance, proportionnelle à la vitesse du piston et au rapport existant entre la section du cylindre et la section des orifices d'écoulement, augmente à mesure que les lumières se ferment, et, lorsqu'elles sont entièrement fermées, le piston continue à comprimer la vapeur qui n'a pu être évacuée.

Sans doute, si l'on compare les vitesses d'écoulement provoquées par la marche du piston avec les pressions correspondantes d'une vapeur sèche s'écoulant librement dans l'atmosphère, on pourrait conclure, comme on l'a fait, que l'action du piston n'engendre que des pressions insignifiantes ; mais si l'on admet que la vapeur entraîne avec elle une masse d'eau à l'état liquide évaluée à 1/3 ou 1/4, que par conséquent la densité du mélange augmente considérablement ; si l'on observe que l'écoulement de la vapeur sortant des cylindres a lieu non directement dans l'atmosphère, mais dans un tuyau d'échappement où il existe une pression plus élevée, régularisée par la multiplicité des jets; si, enfin, l'on envisage que la forme des orifices de dégagement est très-défavorable et donne lieu à des contractions très-fortes, on reconnaîtra que les vitesses d'écoulement provoquées par la marche du piston correspondent dans certains cas à des pressions très-élevées.

3° Enfin le travail du tirage crée une troisième résistance, en ce qu'obligeant à rétrécir plus ou moins l'orifice d'échappement, la vapeur ne peut se dissiper librement, et la durée de son écoulement des cylindres augmente; l'appareil tend alors, en raison de la simultanéité des dégagements, à maintenir dans le tuyau d'échappement une pression moyenne d'autant plus élevée que la multiplicité des jets des deux cylindres est plus grande.

Ces trois résistances, qui constituent, comme nous l'avons dit, les éléments principaux de la contre-pression totale exercée

derrière le piston, sont susceptibles de variations, selon les exigences du tirage.

Lorsque le dégagement de la vapeur qui a servi à produire le mouvement commence, celle-ci doit nécessairement avoir la densité et la tension qu'elle avait immédiatement auparavant; mais en vertu de cette tension elle s'écoule avec rapidité, et vient remplir le tuyau de dégagement qui la conduit vers l'orifice de l'échappement. A ce moment, sa tension et sa densité sont diminuées d'une quantité correspondant à l'augmentation de volume.

Ainsi, lorsqu'elle commence à agir sur l'air contenu dans la cheminée, sa tension et par suite sa vitesse, sont déjà moindres qu'au moment où elle commence à s'écouler des cylindres; et comme au fur et à mesure qu'il s'en écoule par l'orifice de l'échappement, celle qui reste en arrière se détend, la pression diminue, jusqu'à ce que la vitesse correspondante soit la même que celle qui serait produite par le piston. A partir de cet instant, la pression de la vapeur non évacuée est entièrement soumise à l'action du piston.

Or, on conçoit que si l'échappement est grand ouvert, la vapeur s'écoulant à plein tuyau, la décroissance progressive de la tension naturelle aura lieu dans un temps très-court, et la limite inférieure de tension sera atteinte avant que le piston ait eu le temps de franchir une partie notable de sa course; la résistance contre le piston sera en conséquence peu considérable, car il n'aura plus à chasser devant lui qu'un fluide déjà épuisé. Si, au contraire, on étrangle l'orifice d'échappement, la décroissance progressive de la tension se fera plus lentement, le piston aura franchi une plus grande fraction de sa course lorsque la tension aura atteint son minimum, son action accélératrice aura pu s'exercer sur un fluide plus dense, et la contre-pression sera d'autant plus nuisible que la décroissance progressive se fera plus lentement.

Enfin, si l'on considère que les deux tuyaux de dégagement viennent déboucher au même orifice d'échappement, et que le

dégagement de l'un des cylindres commence au moment où l'autre n'est qu'à moitié de sa course, on concevra que la décroissance progressive pourra être encore gênée et la contre-pression augmentée.

Ceci explique pourquoi la pression observée dans la tuyère prend une certaine régularité, et n'accuse plus sensiblement de variations lorsque la machine marche à une certaine vitesse. Cela explique aussi pourquoi cette pression, qui est en quelque sorte factice, augmente avec la vitesse de la machine, avec la diminution de l'orifice de l'échappement, et avec l'augmentation de pression de la vapeur motrice.

On pourrait déduire des considérations qui précèdent :

1° Qu'il serait important d'établir l'échappement le plus près possible des cylindres, afin de profiter de la tension de la vapeur lorsqu'elle est le plus grand possible et non après un parcours qui, en augmentant son volume, diminue sa densité, sa tension et sa vitesse;

2° Qu'il pourrait être intéressant d'établir deux cheminées au lieu d'une, et de faire un échappement spécial pour chaque cylindre;

3° Qu'il pourrait être également intéressant de faire écouler la vapeur qui a servi de force motrice par un échappement fixe à orifice le plus grand possible, et d'établir au-dessus une tuyère additionnelle à section variable, qui prendrait la vapeur directement dans la chaudière à la plus haute pression possible, et à laquelle on donnerait la forme la plus convenable pour utiliser le mieux qu'on pourrait la force vive de la vapeur.

Ce dernier mode pourrait encore présenter, dans certains cas, l'avantage d'aspirer la vapeur des cylindres, et de hâter son dégagement.

Quoi qu'il en soit, comme il est indispensable pour produire le tirage que la vapeur conserve une certaine tension après son action dans les cylindres, il n'est pas possible d'éviter complétement la contre-pression; mais si l'on parvenait, en améliorant la disposition de l'appareil d'échappement, à faire rendre à la

vapeur de dégagement un effet utile plus élevé, on pourrait sans doute, dans une certaine limite, faire un meilleur emploi de la vapeur motrice dans les cylindres.

On a pu voir que l'augmentation de tirage qui résulte du rétrécissement de l'orifice de l'échappement ne peut être attribuée qu'à deux causes : à l'augmentation de la surface frottante produite par l'allongement de la colonne de vapeur, et à l'augmentation de pression provoquée par l'accélération de vitesse imprimée par le piston; cette dernière cause ayant d'ailleurs d'autant plus d'influence que, par suite de l'allongement de la durée de l'écoulement, le piston peut atteindre sa période de plus grande vitesse au moment où la vapeur, plus ou moins chargée d'eau à l'état liquide, conserve assez de tension et de densité pour que les vitesses relatives correspondent à des pressions plus élevées.

Si ces deux causes agissent ensemble pour produire un effet déterminé, il doit être possible de diminuer l'influence de l'une si l'on parvient à augmenter l'autre, sans pour cela que le résultat varie, quant au tirage; et si, en combinant les effets, on parvient à faire produire à la vapeur le travail nécessaire au tirage, dans le plus court délai possible afin qu'il puisse s'effectuer avant que le piston soit en vitesse, on pourra, en hâtant la décroissance progressive de la tension, diminuer la contre-pression dans les deux causes de résistance dues au piston et à l'échappement.

Enfin, si cette substitution d'une influence à l'autre pouvait s'étendre suffisamment, on pourrait peut-être aussi arriver à utiliser davantage la pression de la vapeur motrice, aux dépens de la tension qu'on est aujourd'hui dans la nécessité de lui laisser pour la rendre capable de produire le tirage nécessaire à la production de l'énorme quantité de vapeur qu'on dépense.

L'application de la détente fixe ou variable est d'un avantage incontestable pour les machines à vapeur en général ; on n'est point encore parvenu à la rendre aussi efficace dans les locomo-

tives. Il est évident que l'emploi d'un échappement qui aurait pour effet de produire le tirage convenable, avec de la vapeur, à une tension moins élevée, pourrait amener à utiliser davantage la détente : ce serait même là une condition essentielle pour tirer de l'appareil le meilleur parti.

Ainsi, s'il est vrai que, la vapeur agissant par frottement, l'augmentation de la surface frottante augmente l'effet utile, il doit être avantageux d'augmenter le périmètre de la section de l'orifice d'échappement, sans toutefois augmenter cette section, et tout ce qu'on pourra gagner en surface frottante, sans rien changer aux autres conditions de l'écoulement, sera entièrement au profit du tirage, et permettra de soulager d'autant le piston des influences nuisibles causées par le rétrécissement de la section de l'échappement.

L'appareil que je propose pour atteindre ce but est tout simplement (pl. XVIII, fig. de 1 à 5), un tuyau à section annulaire, formé de deux tubes concentriques, auquel viennent aboutir, en s'évasant et s'aplatissant successivement de manière à conserve sensiblement la même section, les deux tuyaux de dégagement. Ceux-ci viennent se raccorder à la partie inférieure du tuyau annulaire, dont chacun d'eux embrasse la moitié de la section inférieure.

L'air ou les gaz arrivent autour de l'orifice annulaire en longeant les parois extérieures des deux tubes concentriques. L'appareil, ainsi disposé, présente assez d'analogie avec une lampe à mèche cylindrique, dont la flamme figurerait le jet de vapeur.

La paroi extérieure du tuyau annulaire est renflée vers son milieu, de manière à présenter, vers le sommet, une pente conique, et dans l'intérieur du tuyau se trouve un régulateur également conique et annulaire, qui, se mouvant verticalement le long du tube cylindrique intérieur, vient rétrécir à volonté l'orifice de l'échappement.

Ce régulateur peut être facilement manœuvré par un système de leviers placés en dessous de l'échappement ; il est, à cet effet,

ménagé au régulateur une entre-toise qui s'engage dans deux coulisses pratiquées à la paroi intérieure du tuyau annulaire.

Le tableau suivant indique les sections d'échappement et les périmètres de ces sections, qui correspondent à diverses positions du régulateur. La première colonne indique la largeur de l'ouverture annulaire pour chaque position :

	LARGEUR.	SECTION.	PÉRIMÈTRE.
1	20 millim.	122	1m,20
2	18 —	110	1 ,18
3	14 —	90	1, 16
4	10 —	65	1 ,12
5	7 —	45	1 ,11
6	4 —	26	1 .10

Pour chacune de ces positions, il faut faire monter le régulateur de 1 centimètre.

Pour toutes les sections correspondantes, l'échappement à clapets présenterait les périmètres suivants :

	SECTIONS.	PÉRIMÈTRES.
1	122	0m40
2	110	0,37
3	90	0,33
4	65	0,28
5	45	0,23
6	26	0,20

On peut voir, en comparant ces tableaux, que pour la plus grande section d'ouverture, l'échappement à orifice annulaire présente un périmètre trois fois plus grand que celui de l'échappement ordinaire; que les périmètres décroissent rapidement dans l'échappement ordinaire, et restent sensiblement les

mêmes dans l'échappement à orifice annulaire. En sorte que par exemple, pour la position du régulateur n° 4, qui réduit la section environ de moitié, les périmètres se trouvent être dans le rapport de 1 à 4.

L'absence totale de données d'expériences ne nous a pas permis de déduire de faits certains les dimensions les plus favorables, et même la forme la plus convenable à donner à l'appareil; ce n'est donc qu'en tâtonnant qu'on pourrait arriver à l'établir dans les meilleures conditions.

Les dimensions données dans le dessin ont été calculées par analogie sur un ancien échappement à clapets; mais nous pensons que la plus grande section d'ouverture devrait être sensiblement plus grande que la section d'un tuyau de dégagement, afin que l'écoulement de la vapeur contenue dans un cylindre ne fût pas gêné par celui de l'autre cylindre.

Enfin nous pensons que l'application de l'échappement à orifice annulaire à des machines existantes exigera certaines modifications à la cheminée.

Le diamètre de celle-ci doit nécessairement correspondre à la limite d'impulsion transmise capable de vaincre la résistance qu'éprouve l'air à traverser le foyer et les tubes; car s'il en était autrement, il arriverait de deux choses l'une, ou l'on ne profiterait pas de tout le travail de la vapeur, ou l'on créerait un courant en sens contraire le long de la paroi de la cheminée jusqu'à l'orifice de l'échappement, et l'air ainsi appelé de haut en bas viendrait se joindre à l'air appelé directement par le jet de vapeur, ce qui diminuerait l'effet utile.

Or, puisque la colonne à section annulaire se rapproche davantage de la paroi, et que le tirage du tube intérieur devient pour ainsi dire indépendant de la cheminée, il s'ensuit qu'on doit pouvoir augmenter sans inconvénient, dans de certaines limites, le diamètre de la cheminée.

Au reste, les plus grandes dimensions des cheminées dans les machines locomotives, nous paraissent être un indice de bonne condition; car quelle que soit cette dimension, la quantité d'air

ou de gaz à évacuer dans des circonstances semblables est sensiblement la même : si la section d'écoulement est petite, le fluide doit prendre une grande vitesse, la résistance des parois augmente et le tirage exige un travail plus considérable.

Depuis la rédaction de ce mémoire, M. Polonceau a bien voulu se prêter à faire l'application de l'échappement à orifice annulaire à une machine à marchandises du chemin de fer d'Orléans. L'appareil, disposé comme (pl. XVIII, fig. 1 à 5), fonctionna pendant plusieurs mois et parut donner de bons résultats. On essaya plus tard de replacer l'ancien échappement ordinaire à clapets, afin d'établir une comparaison aussi exacte que possible entre les deux systèmes ; mais les préoccupations du service du chemin d'Orléans, qui s'organisait sur de nouvelles bases, empêchèrent qu'on donnât immédiatement suite à ces essais, qui du reste vont être repris actuellement sur une machine à voyageurs.

Une première application avait été tentée en 1845, au chemin de fer d'Alsace : l'appareil avait été construit en cuivre ; il était composé de parties grossièrement façonnées, brasées ensemble sans avoir égard aux remous provoqués par les changements brusques de sections ; il fut constaté néanmoins que le tirage prenait une énergie extraordinaire ; mais les contre-pressions causées par la mauvaise disposition des conduits d'écoulement forcèrent à l'abandonner. Il fut constaté également, par un essai fait en petit sur une chaudière de machine fixe, que l'appel était beaucoup plus énergique par le tube intérieur qu'autour du tube extérieur : des matières lourdes, telles que des gros sous, des boulettes de minium, étaient entraînées et projetées à une certaine hauteur, lorsqu'on les présentait à la base du tube intérieur, tandis qu'elles étaient à peine soulevées lorsqu'on les dirigeait vers les parois de la cheminée.

Voici, du reste, en quels termes M. Caillet, chef des ateliers et de la traction du chemin d'Orléans, a rendu compte à la Société des essais qu'il a lui-même suivis et dirigés :

» L'échappement variable à orifice annulaire de M. La Salle a été essayé au chemin d'Orléans en juin, juillet et août 1849, sur la machine à marchandises n° 101, à six roues couplées.

» Pendant le mois de mai qui a précédé l'application du nouvel appareil, la machine a consommé, avec l'échappement ordinaire à clapets et avec sa cheminée de $0^{m},33$ de diamètre intérieur, $9^{k},11$ de coke par kilomètre, sur un parcours de 968 kilomètres. Pendant les mois de juin et juillet, durant lesquels la même machine a fonctionné avec l'échappement annulaire, le parcours a été de 3,146 kilomètres, et la consommation moyenne de $8^{k},48$ par kilomètre; la cheminée, de $0^{m},33$, avait été remplacée par une cheminée de $0^{m},40$.

» Dans le courant du mois d'août, l'échappement ordinaire a été replacé en conservant la cheminée de $0^{m},40$. La machine a fonctionné alternativement avec les deux échappements, et la consommation moyenne du mois entier est remontée à $9^{k},01$, sur un parcours de 1,694 kilomètres.

» Enfin, le mois suivant, elle s'est élevée à 9k,60 par kilomètre, pour un parcours de 2,170 kilomètres effectué en totalité avec l'échappement ordinaire et la cheminée de $0,^{m}40$.

» Les conditions de service et de charge remorquée ont été sensiblement les mêmes pendant toute la durée de la marche avec les deux systèmes d'échappement.

» La différence de consommation à l'avantage de l'échappement annulaire, quoique très-apparente, n'est cependant pas suffisamment importante pour qu'on puisse l'attribuer uniquement au système de l'échappement; il est certain que la consommation d'une machine varie souvent dans des limites plus larges, sans qu'aucun changement y soit opéré; mais il est un fait important à constater, c'est que pendant tout le temps que la machine a fonctionné avec l'appareil de M. La Salle, elle s'est constamment tenue au premier rang parmi celles de même type qui ont circulé dans le même temps et dans les mêmes circonstances.

» La marche de la machine avec l'échappement annulaire a,

en outre, donné lieu à une observation importante : la production de vapeur est plus abondante qu'avec l'échappement ordinaire pour la même section de sortie. La conséquence naturelle à tirer de ce fait serait un plus grand effet utile de la vapeur employée comme tirage. Au reste, l'appareil de M. La Salle avait, à peu de chose près, les mêmes proportions que l'appareil ordinaire ; la machine a presque constamment fonctionné avec l'échappement grand ouvert, et tout porte à croire que si ce dernier eût pu fournir une section plus grande, on eût pu en tirer avantage pour diminuer la contre-pression.

» L'entraînement des gaz dans la cheminée est beaucoup plus énergique à travers le tube intérieur qu'autour du tube extérieur ; ce fait semble indiquer la nécessité d'augmenter la section de passage des gaz par le milieu de l'échappement, afin d'équilibrer les vitesses.

» Il est à regretter que l'expérience n'ait pu être continuée plus longtemps, et surtout qu'elle n'ait pas été faite sur une machine à voyageurs, dont la marche et le service plus réguliers eussent permis une appréciation plus exacte. Les résultats obtenus dans cette première expérience sont de nature à encourager à faire de nouveaux essais ; ils font espérer que si du premier jet l'échappement annulaire s'est placé au premier rang, on arrivera, par une série d'expériences, en variant le diamètre de la cheminée, en variant aussi les proportions de l'appareil, à améliorer d'une manière notable les résultats. »

M. Caillet termine en disant que, comme prix de revient et comme facilité de construction, l'appareil annulaire est plus avantageux que l'échappement à clapets ; il peut être appliqué avec facilité à la plupart des machines, et il se manœuvre très-commodément par un mécanisme simple et pratique.

Les prix de revient comparatifs des deux systèmes d'échappement peuvent être établis comme suit :

Échappement ordinaire à double clapet.

58 kil. fonte, à fr. 41.50	24f. 10 c.
13 kil. fer, à fr. 40	5 . 20
Forge, ajustage et tour	42 . 50
Frais généraux, 75 0/0 sur fr. 42.50	31 . 90
Total..... fr.	103 . 70

Échappement annulaire.

65 kil. fonte à fr. 41.50	27 fr. » c.
10 kil. fer à fr. 40	4 . »
Forge, ajustage et tour	35 . »
Frais généraux, 75 0/0 sur 35	26 . 25
Total..... Fr.	92 . 25

Aux observations de M. Caillet, nous nous bornerons à ajouter que le changement d'un seul organe, bien qu'il comportât un perfectionnement notable, ne saurait accuser des résultats bien tranchés tant qu'on ne touche pas aux autres parties d'une machine. Dans une locomotive, tous les organes ont entre eux une liaison étroite : un changement apporté à l'un des plus importants doit nécessairement provoquer des modifications aux autres, pour que l'harmonie qui doit exister entre leurs différentes fonctions ne soit pas altérée ou détruite. Ce n'est d'ailleurs pas du premier coup, nous le répétons, qu'on peut espérer, surtout en l'absence de toute donnée expérimentale, atteindre le meilleur résultat ou le plus haut degré de perfectionnement que peut comporter l'application d'un principe nouveau.

MÉMOIRE N° XXIII.

Notice sur l'exploitation des mines et des usines de Bleiberg-en-Eifel;

PAR M. GOSCHLER.

Le phénomène le plus remarquable offert de nos jours par l'industrie métallurgique est, sans contredit, l'augmentation toujours croissante de la production des matières tant brutes que fabriquées. Ce grand développement s'est fait, en certaines localités, aux dépens des établissements dont les gîtes moins riches que leurs plus heureux concurrents n'ont pu longtemps supporter l'activité dévorante et hors de proportion avec leur valeur que les propriétaires voulaient leur imprimer. Il est résulté de cet état de choses des déplacements de centre de production tels, que pour quelques pays jadis seuls maîtres d'un marché très-étendu, les produits étrangers ont non-seulement arrêté leur débouché, mais encore empêché la vente de leur propre production sur les lieux mêmes de leur extraction.

Aussi n'est-ce pas sans étonnement qu'en faisant le relevé du chiffre de production pendant l'année 1848 des mines du Bleiberg en Eifel, j'ai trouvé ce chiffre, à peu de choses près, le même que celui donné par M. Héron de Villefosse pour l'année 1810, dans la *Richesse minérale*, tome Ier, page 413.

La constance de cette production résulte du mode de gisement et de la nature même du minerai (alquifoux) éminemment propre à la couverte des poteries. Jusqu'à ces dernières années, le placement s'en faisait assez régulièrement, malgré la présence des plombs étrangers. Aussi, les méthodes d'extraction que nous allons exposer ne sont-elles pas à l'abri de tout reproche. Peut-être que la récente mise en valeur des mines du Cercle d'Aix-la-Chapelle forcera celles qui font l'objet de

cette notice à modifier leurs méthodes, si elles veulent conserver la place qu'elles occupent depuis de longues années sur le marché rhénan.

GISEMENT.

La montagne connue sous le nom de Bleiberg-en-Eifel (1) s'étend sur une lieue et demie de longueur entre les villages de Commern et de Dottel, à 30 kilomètres à l'ouest de Bonn (Prusse rhénane). Ses flancs, couverts de haldes nombreuses et considérables, visibles de loin par leur couleur blanche, indiquent une grande et ancienne exploitation. A son pied s'étend la longue série de petites usines échelonnées sur le ruisseau le Bleibach, qui en fait mouvoir les roues hydrauliques.

Cette montagne forme la crête d'une large couche de grès bigarré qui prend naissance près de Dottel, le long du ruisseau le Feybach, dont le cours va de l'ouest à l'est; elle s'incline légèrement au nord et s'étend jusqu'au voisinage de la ville de Düren, conservant sa position *relativement* horizontale, ce qui la distingue du terrain immédiatement inférieur, sur lequel elle repose en stratification discordante et qui est composé des schistes de transition du système silurien. Les nombreux plissements de ces schistes annoncent que les grandes révolutions de la contrée ont eu lieu antérieurement au dépôt des grès bigarrés et des minerais de plomb, qui en sont ici une annexe.

En étudiant les formes de ces plissements, on remarque que le versant sud est toujours beaucoup plus relevé que le versant nord, ce qui indiquerait que l'action soulevante a été plus énergique au sud qu'à l'opposé; et en effet, c'est dans la

(1) Cette désignation est donnée pour la distinguer des mines du Bleyberg, en Belgique, où la galène se présente en un filon presque vertical, compris dans les schistes houillers.

partie méridionale seule de l'Eifel que l'on trouve les roches volcaniques, entre autres les basaltes.

La sortie des basaltes, dont les premiers se rencontrent au Michelsberg, montagne éloignée des mines qui nous occupent, de 4 kilomètres au sud, ne paraît pas avoir de relation bien directe avec les gisements métallifères de la contrée.

Le terrain du Bleiberg, renfermant le sulfure de plomb ou galène, est formé d'une couche de grès à grains fins, blancs, quelquefois rougeâtres, qui repose en stratification discordante sur la grauwacke et se trouve recouvert par une couche de conglomérat nommée dans le pays *wackendeckel*.

La couche métallifère est partagée en trois bancs sensiblement parallèles, séparés l'un de l'autre par un 2me et un 3me wackendeckel. Sa direction se tient entre l'heure 5 et 6, et son inclinaison entre 10 et 15° au nord. La puissance totale est très-variable ; elle est comprise entre 3 et 11 lachters. Souvent la stratification n'est pas apparente, et, dans ce cas, le terrain est très-solide. En général, une fois entamée, la roche se laisse facilement briser.

La galène se trouve répandue en schlichs réunis par de l'argile servant de ciment, avec des grains de quartz très-fins; elle forme ainsi des noyaux (*knotten*) de la grosseur d'une lentille, d'un pois et au delà.

Ces knotten se trouvent répartis dans la couche sans régularité. Seulement, vers les fissures, ils se présentent réunis en filets, et en certains points plus riches où ces filets se sont rapprochés, ils prennent une apparence massive; c'est un cas très-rare.

Les wackendeckel offrent en quelques endroits des druses incomplètes où l'on trouve la galène cristallisée en cubes dont les angles sont coupés par les faces de l'octaèdre.

On rencontre encore çà et là dans la couche, mais rarement, des traces de malachite.

La richesse du gîte est très-variable. Ainsi, dans le même siége d'exploitation, les knotten se ramassent, donnant au grès

un aspect métallique d'un gris brillant; puis, à un lachter plus loin, ils se perdent dans la masse et n'offrent plus qu'une valeur insignifiante. Une seule remarque, qui s'applique d'une manière assez générale à tout le gisement, est celle qui constate une plus grande abondance et une meilleure qualité des knotten au voisinage du toit du gîte; toutes les autres circonstances varient avec chaque point de l'exploitation. Solidité de la roche, richesse plus ou moins grande, grosseur et aspect des knotten, tout cela change continuellement avec le siége des travaux et en toutes directions.

Tout en admettant ici, comme on l'a fait pour les kupferschiefer du pays de Mansfeld, que ce gîte métallifère est le résultat « d'émanations produites dans les eaux qui déposaient les éléments du grès », on est tenté, malgré cela, de le comparer aux gîtes des environs de Stolberg, dont la formation paraît d'ailleurs être plus ancienne et résulter d'une autre cause.

Sans vouloir entrer dans les détails de la constitution de ces derniers gisements, je ferai seulement remarquer que la situation relative des diverses espèces de minerai leur donne certains points de comparaison. Ainsi, dans ces différents gîtes, les localités soit schisteuses seulement, soit calcareuses à Diepenlinchen, Busbacherberg, Breinigerberg, Herrenberg (environs de Stolberg), et siliceuses au Bleiberg en Eifel, sont spécialement occupées par la galène. Mais si le gîte est au contact *simultané* du schiste et du calcaire (1), ou du grès et du calcaire (2), le minerai de plomb en présence de ces deux éléments opposés, passe à l'état de carbonate ou de phosphate. C'est ce qui se présente dans les filons transversaux de Diepenlinschen, dont le développement prend de grandes dimensions dans le schiste houiller, en comptant avec le calcaire et qui forment, pour l'observateur inattentif, une série d'amas en chapelet.

J'ai pu faire une observation analogue pendant plusieurs an-

---

(1) Concession Diepenlischen et Busbacherberg.
(2) Concession Callmutherberg.

nées dans l'exploitation de la mine de calamine de Herrenberg, où une petite veine de plomb carbonaté de $0^m,10$ d'épaisseur moyenne, ne s'est montrée à peu près constante qu'à la limite Est du gîte, c'est-à-dire au contact des dolomies friables et des argiles noire et grise.

Nous avons dit plus haut qu'au Bleiberg, la roche une fois entamée se laissait facilement abattre. Cette remarque ne s'applique pas à la partie comprise dans la concession Callmutherberg, au voisinage du calcaire. Là le minerai consiste en carbonate de plomb, mais la roche metallifère semble avoir subi une quasi-fusion. C'est tout le contraire dans les gîtes des environs de Stolberg, où les parties carbonatées sont molles, friables et facilement attaquables au pic ordinaire. Dans la concession Callmutherberg, tout doit être abattu à la poudre.

EXPLOITATION.

Le système général de l'exploitation consiste à assécher d'abord le gîte par des galeries d'écoulement. L'une d'entre elles qui n'est pas encore achevée aura plus d'une demi-lieue de longueur. Les eaux une fois évacuées, on attaque par puits et galeries.

Après avoir traversé le premier vackendeckel par un puits de 5 lachters de profondeur, en moyenne, on entre en galerie et l'on procède à l'attaque du gîte. L'exploitation se fait par piliers. Quand la masse minérale a été enlevée sur une surface de 4 à 6 lachters carrés, on remblaie l'excavation et on dépile en remontant. A chaque chantier de déblayage se trouvent 3, 4 ou 5 hommes, selon les circonstances, la solidité de la roche ou l'activité que l'on veut imprimer à l'exploitation.

La main-d'œuvre est partagée entre deux classes d'ouvriers : les piqueurs (*hauer*) et les préparateurs (*beutler*).

Préparation du minerai dans la mine.

La roche étant abattue en gros fragments par les piqueurs,

elle passe aux *beutler*, qui la brisent en petits morceaux au moyen d'un marteau de bois d'une forme hémisphérique. La face plane de cette demi-boule est garnie de clous de 1/4 de pouce d'épaisseur, qui font saillie sur le bois.

Les knotten ont une plus grande dureté que le grès : aussi résistent-ils mieux au choc du marteau que la gangue, qui, dans cette manipulation, tombe en sable stérile —On sépare ce dernier des trop gros morceaux au moyen de claies formées de baguettes de coudrier ou de fer. Le grès ainsi préparé, on retire les knotten du sable stérile avec la corbeille du beutler.

Cet outil a la forme d'une citrouille coupée suivant son grand axe et façonnée avec du fil de laiton tressé. Les mailles ne donnent passage qu'au sable fin.

Les knotten sont ensuite nettoyés dans une cuve à eau, alimentée par un puits ménagé dans chaque dépilage.

Le sable stérile provenant de ces opérations reste autant que possible dans la mine, où il sert à faire les remblais.

L'ensemble de ces diverses manipulations : abattage, cassage, nettoyage et extraction jusqu'au jour , est exécuté à forfait (*im gedinge*) et payé sur la quantité de minerai en knotten livré sur le produit de la mine.

L'unité de convention est la charrette de 20 pieds cubes, dont le prix varie, suivant la dureté de la roche et sa richesse, entre 1 et 4 thalers. Le chiffre le plus ordinaire est 2 thalers.

Avec cette organisation, la surveillance du steiger sur les mineurs est grandement simplifiée. Les fonctions de ce préposé se bornent à conserver un dépilage régulier et une préparation aussi parfaite que possible des *knotten*.

Cette opération influe beaucoup sur les frais et les difficultés de la préparation mécanique du minerai à la surface ; on ne doit néanmoins pas perdre de vue que la première concentration des minerais ne doit être poussée que jusqu'au point où l'avantage de recevoir de l'extraction des knotten riches n'est pas compensé et au delà par le prix élevé auquel ils pourraient

revenir avant de les livrer aux ateliers de préparation mécanique.

L'expérience d'une longue pratique peut seule fixer assez approximativement le degré profitable de ce premier enrichissement.

On apprécie, en général, la valeur des knotten à leur éclat et à leur couleur. On les distingue en noirs, moyens et blancs. Ces derniers, exploités dans la concession Callmutherberg, fournissent au commerce le minerai si recherché connu sous le nom de porcellan-erz, et composé uniquement de carbonate de plomb.

Au sortir de l'exploitation, le minerai est transporté jusqu'aux usines par des charretiers à gages, par conséquent, sans prix fixé sur la quantité de knotten livrée aux bocards.

PRÉPARATION MÉCANIQUE.

La préparation des minerais au Bleiberg est très-simple et parfaitement appropriée à leur nature. Elle se compose des préparations suivantes : 1° le bocardage ; 2° le lavage des schlichs sur des tables dormantes d'une construction particulière ; 3° le lavage des schlamms sur de petites tables à balais.

Bocard.

Le bocard se compose d'une batterie de quatre flèches dont la levée est de 6 pouces, le poids de 125 à 140 livres, le nombre de coups, de 30 à 50 par minute. La quantité d'eau qui passe par l'auge du bocard est très-faible relativement à la rapidité de l'opération.

Le devant de l'auge, par où sort le minérai réduit en poudre, est formé d'une plaque de laiton percée de trous au nombre de 75 à 80 par pouce carré. Cette plaque descend jusqu'au fond de l'auge de la batterie.

Le bocard n'a qu'une seule issue (*pfanne*), qui conduit au

bassin de dépôt, où les parties riches des knotten se fixent et où on les recueille sous le nom de hütten-klein. Les parties argileuses sont entraînées par le courant d'eau et vont se rendre dans les bassins destinés à les recevoir.

Quand l'eau arrive en quantité suffisante sur la roue motrice, on peut faire passer par un bocard tel que nous venons de le décrire, de 120 à 140 quintaux (*centner*) de knotten par 24 heures. Il suffit pour la manipulation de cette quantité de 2 laveurs et 4 aides de bocard (*poch-junger.*)

Tables dormantes.

Le lavage des sables riches (hütten-klein) se fait sur des tables de 4 1/2 pieds de long et 6 pieds de large, inclinées de 8 à 9 pouces. La tête, derrière laquelle se tient l'ouvrier, a une hauteur de 1 pied 6 pouces, avec une inclinaison de 45° sur l'arrière.

L'outil dont on se sert est un râble formé d'une plaque de fer de 19 pouces de long sur 5 pouces de hauteur, auquel est emmanchée perpendiculairement une longue perche de bois mince et assez rigide.

Le hütten-klein que l'on a retiré des canaux de dépôt, faisant suite au bocard, est placé à la partie supérieure de la table à la portée du laveur.

L'eau, amenée par un canal en bois à la partie supérieure de cette tête, est répartie uniformément sur toute la largeur de la table, au moyen de petits cailloux mobiles qui ont l'air de têtes de gros clous plantés dans le bois. Le laveur, ayant à la main le manche du râble, amène une petite portion du minerai mis en tas sur sa droite au coin supérieur de la table, et le répand sur toute la longueur de la tête; il cherche à le soumettre bien uniformément à la mince nappe d'eau descendant constamment du bord supérieur de la tête, résultat qu'il obtient en marchant d'une extrémité à l'autre de la tête et faisant dé-

crire au râble un arc de cercle dont le centre est la main droite qui tient la partie supérieure du manche.

Cette manœuvre demande, pour être bien exécutée, une grande habitude, beaucoup de régularité dans le jet du menu le long du plan incliné, afin que la même quantité de minerai lancée rencontre toujours la même quantité d'eau affluente.

Par cette manipulation, les grains de quartz se séparent des schlichs, qui s'arrêtent au haut de la table; mais ils ne sont pas encore purs; il faut relever cinq fois ces schlichs au coin droit du plan incliné et recommencer cinq fois la même opération du lavage. Ce n'est qu'après un sixième lavage à la table que le schlich est regardé comme propre à la vente.

Dans ces divers lavages, l'eau a entraîné avec les matières stériles des parties fines (*schlamms*) qui peuvent être très-productives.

Lavage des Schalmms.

Ces schlamms, recueillis dans les canaux disposés en dessous des tables, sont soumis au lavage sur de petites tables à balais (*schipp-graeben*), et dégagés par là de l'argile qui les appauvrit. On les lave de nouveau sur des tables à râble analogues à celles destinées aux sables riches, mais qui sont inclinées de 4 pouces seulement au lieu de 9.

Le sable siliceux venant du lavage des premiers schlichs entraîne avec lui du minerai de plomb que le bocardage n'a pu complétement séparer des grains de quartz : aussi doit-il être soumis à un enrichissement ultérieur qui se pratique dans le schlemmgraben ordinaire.

Second bocard.

Le minerai brut qui en provient est passé au bocard fin. Celui-ci diffère du premier en ce que la sortie des poussières se fait par une platine dont les trous sont plus fins que dans le premier bocard, et qui repose sur un liteau de 4 pouces au

dessus du fond de l'auge. Il y a donc toujours sous les pilons une couche de menu qui reste soumis au broyage plus longtemps que dans le premier bocard.

Les schlamms qui proviennent de ce dernier travail sont trop fins pour être lavés de nouveau et trop riches pour être rejetés. Le menu qu'ils donnent est soumis aux mêmes opérations que celui des knotten.

Cette dernière manipulation, l'enrichissement des schlemmerze, n'est pratiquée au Bleiberg que depuis une quarantaine d'années, et a donné dans le commencement d'énormes bénéfices aux propriétaires de rejets des anciennes exploitations.

Cette remarquable amélioration serait portée plus loin encore, si l'on introduisait dans les mines du Bleiberg les spiss-kesten, dont les bons résultats sont aujourd'hui bien constatés.

RENDEMENT ET PRODUCTION.

Une longue expérience a démontré qu'une charrette de 20 quintaux de knotten riches donne 3 quintaux d'alquifoux, et qu'une charrette de 20 quintaux de knotten pauvres donne 1 quintal 1/4. Ce dernier chiffre est le minimum de rendement du minerai soumis au bocardage.

L'extraction annuelle de toutes les mines du Bleiberg s'élevant à 25,000 charrettes de knotten, qui donnent de 40 à 43,000 quintaux d'alquifoux, on voit que la moyenne de rendement est de 1,73 d'alquifoux par charrette. Quant au minerai impropre à la vente et qui en provient, il est transformé en plomb dans la localité.

L'alquifoux livré au commerce contient 2 parties de schlich pur et 1 partie d'argile. Le rendement à l'essai par la voie sèche est de 60 0/0 en plomb métallique.

La reprise des sables quartzeux riches provenant d'une charrette de knotten travaillée une première fois, donne de 1 1/2 à 2 quintaux de schlemm-erze brut dont le rendement est très-variable.

Le prix de revient du minerai bocardé et lavé ressort à 4 silbergrochen par quintal.

PRIX DE REVIENT.

En admettant un rendement moyen de 2 quintaux de schlich pour 20 quintaux de knotten (une charrette), on trouve pour 100 quintaux de schlich, les frais de main-d'œuvre suivants :

Exploitation et extraction de 1,000 quintaux de knotten qui rendent 100 quintaux d'alquifoux .	thal.	50 »
Transport, chargement de 1,000 quintaux de knotten à 6 pfemning par quintal		16 20
Préparation du schlich à 4 sgr. par quintal .		13 10
Total		79 30

Soit par quintal de schlich, 24 sgr ou 3 fr.

Le prix de vente de l'alquifoux se tenant toujours entre 4 et 5 thalers (15 fr. et 18 fr. 75) par quintal prussien, on voit que si l'on prend pour les matériaux, l'entretien, les intérêts, la redevance au gouvernement, etc., etc., une somme double de celle de la main-d'œuvre, ce qui est assez général dans la localité, il reste encore un bénéfice fort important.

FONDERIE.

J'ai dit plus haut que le sulfure de plomb, connu sous le nom d'alquifoux, était destiné à la couverte des poteries. La production des mines qui nous occupent consistant principalement en minerai de ce genre, l'extraction du plomb métallique n'est plus qu'un accessoire dans la localité. On emploie pour cette fabrication les minerais trop impurs qui ne sont pas propres à la vente à l'état d'alquifoux.

Nous avons vu que les poudres provenant du schlemm-erze étaient à un état très-ténu. Comme elles ne subissent point de grillage, le courant d'air lancé par le ventilateur en ferait

perdre une notable portion, si on les employait ainsi directement.

Ces minerais fins sont mélangés de 3 0/0 de chaux éteinte, moulés en briquettes et livrés ainsi à la fonderie. Le lit de fusion se fait avec du coke, qui provient des houillères d'Eschweiles, distantes de 40 kilomètres environ, et des scories de fer. Le traitement s'opère dans de petits fourneaux à manche dont le vide intérieur a 22 pouces de profondeur dans le sens de la tuyère et 20 pouces de largeur. Construits en grauwacke, ils marchent pendant trois semaines, au bout desquelles il suffit d'une réparation d'une demi-journée pour les remettre en marche. Le séchage et la mise en feu se font au moyen du charbon de bois.

Note sur l'emploi de la tourbe à l'usine d'Undreveillers ;

Par M. BRIDEL.

L'usine d'Undreveillers, située dans le canton de Berne, en Suisse, près de la frontière de France, est remarquable tant pour la bonne qualité de ses produits que par les procédés ingénieux de la fabrication et l'emploi de la tourbe, qui lui permettent de lutter avec les usines étrangères.

Les tourbières qui alimentent les forges d'Undreveillers sont situées près de cette usine, sur un plateau du Jura. La tourbe qu'on en tire est brune, composée de filaments entrelacés, et contient fort peu de cendres. On l'extrait au louchet, sous forme de parallépipèdes d'environ $0^m,10$ sur $0^m,10$ et $0^m,20$; le séchage, qui s'opère sur place au moyen d'un simple séjour à l'air, lui fait perdre environ moitié de son volume.—On carbonise la tourbe en tas, comme le bois ; mais cette méthode donne un rendement si faible que l'on établit en ce moment des appareils à vapeur surchauffée par la chaleur perdue des hauts-fourneaux, dans le but de diminuer les déchets de carbonisation.

Le haut-fourneau d'Undreveillers est à air chaud, aux charbons de bois et de tourbe mélangés, et minerai en grain (hydroxyde pisolitique). Les charges sont composées de la manière suivante :

6 hectolitres de charbon de bois, surtout de sapin,
6 d° de tourbe,
$0^{m^c},360$ (soit 16 conches) de minerai.
$0^{m^c},031$ (soit 2 conches) de castine.

On fait de 19 à 20 charges par vingt-quatre heures.

Le fourneau marche avec une seule tuyère, à la pression

de 0m,30 d'eau seulement. Le vent est chauffé par les gaz du fourneau, qui sont recueillis au moyen d'une trémie fermée à sa partie supérieure.

La production est d'environ 125,000 kil. par mois. Un second fourneau, situé à quelques kilomètres d'Undreveillers et appartenant à cette usine, marche dans les mêmes conditions.

L'*affinage* de la fonte se fait au charbon de bois, dans cinq feux voûtés ordinaires, marchant tantôt avec une, tantôt avec deux tuyères. On traite à la fois 90 kil. de fonte et de rognures, et l'on obtient, en deux heures ou deux heures et demie 75 à 80 kil. de fer en massiaux, y compris le déchet de laminage. A Undreveillers on cinglait anciennement au marteau ; actuellement on n'emploie plus que le laminoir, sans que pour cela les produits soient devenus moins bons. Le cingleur présente cela de particulier, qu'il tourne à volonté dans un sens ou dans l'autre au moyen d'un embrayage : aussi ne faut-il que deux minutes pour transformer la loupe en une barre hexagonale de 0m,08 de diamètre extérieur. On coupe cette barre, à la cisaille, en un certain nombre de morceaux (généralement huit) que l'on passe immédiatement au dégrossisseur, sauf les deux extrémités qui sont imparfaitement soudées.

Réchauffage. Autrefois on réchauffait dans les feux de forge ; on a abandonné ce procédé parce qu'il donnait trop de déchets. Après avoir pratiqué pendant quelque temps le réchauffage à la houille, on a fini par lui subsituer la tourbe transformée préalablement en gaz.

La *fig.* 6 (pl. XVIII) représente le four à réchauffer qui a donné les meilleurs résultats.

La tourbe est introduite, au moyen d'un appareil spécial que nous décrirons plus loin, dans une capacité *e*, en forme de trémie fermée par une plaque de fonte à sa partie supérieure. Deux tuyères *f f* lancent de l'air chaud dans le bas de la trémie ; les produits de la combustion incomplète montent par le conduit courbe *d'* jusque près du pont de chauffe *o*, où ils sont complétement brûlés par une nouvelle injection d'air chaud qui

se fait par le tube *l*, percé de trous. Au delà du pont de chauffe se trouve une sole *i k*; puis une cavité pour les scories, un second pont de chauffe et une seconde sole *m n* sur laquelle on commence le réchauffage. Enfin, les produits de la combustion se rendent dans le calorifère *p*, où ils chauffent l'air qui alimente le four, et de là dans la cheminée.

Afin de pouvoir charger le feu sans ouvrir aucune issue aux gaz, la tourbe est introduite dans un cylindre de fonte *c* (*fig.* 6, 8 et 9), sans fond, placé sur la plaque de fonte qui couvre le gazogène *e*. Après avoir rempli de tourbe ce cylindre, on le ferme au moyen d'un couvercle; puis on l'amène au-dessus d'un trou percé dans cette plaque, en le faisant tourner autour de l'axe *a'*; et le combustible tombe dans la trémie. La bride inférieure *b' b' b'* du cylindre porte un appendice en forme d'oreille, disposé de manière à recouvrir l'orifice de la plaque quand le cylindre ne se trouve pas au-dessus; à ce effet, la bride *b' b' b'* et la saillie *b'' b'' b''* de la plaque sont dressées.

Les massiaux sont réchauffés pour être passés au laminoir marchand, petit mill ou à guides; ou bien ils sont réunis en paquets et transformés en tôles. Le déchet du réchauffage est d'environ 12 0/0, la consommation de tourbe desséchée de $3^{mc},40$ par tonne de fer ouvré, équivalant ainsi de 400 kil. à 500 kil. de bonne houille.

Les armatures du four se composent, comme pour les fours à réchauffer ordinaires, de plaques de fonte, de montants à nervures et de tirants.

On emploie également les déchets de tourbe et des autres combustibles, conjointement avec les gaz du haut-fourneau, pour réchauffer les tôles.

Le *gazogène*, dans lequel les déchets de combustibles sont transformés en gaz, est fort simple : il se compose (*fig.* 8 et 9) de trois chambres *e*, *e'*, *e''*, communiquant entre elles par le bas de leurs cloisons communes.

On introduit les menus combustibles dans la chambre du milieu *e* au moyen d'un cylindre en fonte pareil à celui du four

à réchauffer ; ces menus s'amoncellent dans cette capacité et viennent obstruer les ouvertures *o o*, qui la font communiquer avec les chambres latérales. Celles-ci reçoivent, par les tuyères *f' f'*, l'air destiné à alimenter la combustion, lequel se distribue uniformément en traversant le tas de menus ; les gaz sortent de la chambre *e* par le tuyau *t* et se rendent immédiatement au four à tôles. L'ouverture *a*, sert à enlever de temps en temps les résidus de la combustion. Afin que les gaz n'entraînent pas une trop grande quantité de cendres, le tuyau *t* monte d'abord presque verticalement, puis redescend de même *(fig. 10)* ; il présente ainsi un angle aigu qui arrête la majeure partie des poussières. Le four à tôles est un grand reverbère à sole plate, portant des chenets ; sur l'un de ses longs côtés il est percé de deux portes de 1 mètre à $1^{m},50$ de large sur $0^{m},20$ à $0^{m},25$ de haut. Les gaz mélangés du haut-fourneau et du gazogène sont introduits dans le four sous forme de nappe mince, et brûlés par un courant d'air chaud sortant d'une buse aplatie.

Voici maintenant quelques prix de revient de l'usine d'Undreveillers.

Charbon de bois de sapin :	10 fr. 50 c. le m. cube.	rendus à l'usine.
» » dur..	11 70 »	
Tourbe sèche.....	4 » »	
Houille.....	60 à 70 la tonne.	

D'après cela, le réchauffage à la houille reviendrait par tonne de petit fer à 60 fr. $\times$ $0^{t}.400 = 24$ fr.

Le même réchauffage à la tourbe, 4 fr. $\times$ $3^{mc},40 = 13$ fr. 60 c.

Afin de pouvoir apprécier les conditions de fabrication dans lesquelles se trouve l'usine d'Undreveillers, nous croyons devoir ajouter les chiffres suivants, étrangers à la question des combustibles :

La tonne de minerai coûte 11 fr. 60 c.

L'usine consomme annuellement pour 40,000 à 50,000 fr. de minerai dans ses deux fourneaux ; elle produit 250 tonnes de fonte par mois, dont 150 sont affinées et donnent à peu près 100 tonnes de fer.

Les affineurs sont payés à raison de 11 fr. les 100 kil., et produisent chacun environ 2 tonnes de fer par mois ; les manœuvres gagnent de 1 fr. 50 c. à 2 fr. par jour.

Pris à l'usine, le fer marchand se vend 40 à 43 fr. les 100 kil.; le fer rond et à guides, de 44 à 47 fr.; et le fer au martinet, 43 à 46 fr. Ces fers sont de qualité tout à fait supérieure. Les fontes brutes coûtent, prises à l'usine, 140 fr. la tonne.

Note sur l'emploi de la tourbe desséchée à l'air, pour le soudage du fer extrait des minerais carbonatés ;

(Extrait des *Annales de la Société des Ingénieurs de Vienne.)*

Par M. GOSCHLER.

L'emploi de la tourbe au puddlage de la fonte provenant de minerais carbonatés existe depuis longtemps en Carinthie ; mais les opérations subséquentes, et notamment le soudage, effectuées avec ce combustible, ont été depuis peu appliquées avec succès à l'usine à fer de Buchscheid. Les produits de ce nouveau traitement surpassent, par leur homogénélté et leur ténacité, toutes les autres espèces de fer fabriquées au bois ou à la houille.

Des essais faits sur des échantillons de gros et de petits calibres ont démontré que la compression n'avait pu s'opérer qu'au moyen d'une très-grande force et avec beaucoup de difficultés. Il en résulte que ce fer se prête de la manière la plus convenable à la fabrication des essieux de wagons de chemins de fer, et des pièces de machines qui ont à supporter de grands efforts. Les expériences l'ont complétement démontré.

La tourbe employée dans l'usine de Buchscheid est extraite d'un grand bassin formé dans le schiste micacé, et qui se présente sur une épaisseur de 10 à 12 pieds.

Sa couleur est celle du brun foncé; sa densité est telle, qu'un klafter cube ($7^{mc},86$ environ) équivaut à 10 scheffel à charbon de Carinthie (le scheffel vaut environ un demi-hectolitre). On l'extrait en briques de 10 pouces en carré de base sur une épaisseur de 3 pouces. Le séchage à l'air fait perdre à ces briques à peu près la moitié de leur volume primitif.

A l'analyse cette tourbe donne, desséchée à l'air :

14,00 d'eau.....
47,7 de gaz.....
35,2 de carbone.....
3,1 de cendres .....
} pour 100 parties.

Le puddlage et le soudage à la tourbe ainsi desséchée se font dans des fours semblables à ceux où l'on emploie le lignite ; seulement il faut prendre deux précautions indispensables pour obtenir de la tourbe le degré de chaleur convenable: d'abord la grille doit être abaissée de 3 pouces, en sorte que la profondeur depuis le pont doit être au moins de 26 pouces ; ensuite il faut augmenter la quantité de vent, pour brûler complétement le gaz Celui-ci, en quittant la grille, est conduit dans le four à gaz, où il est brûlé sous l'action du vent lancé par 7 ou 8 buses de 12 lignes de large.

La direction du vent doit être telle, qu'elle vienne remonter la sole du four à 8 pouces du milieu de la porte de travail.

Avec ces conditions, on obtient, dans les fours à puddler ou à souder, une chaleur complétement suffisante.

Dans un four à puddler simple, avec chambre à l'arrière pour chauffer la fonte, on fait passer en vingt-quatre heures 11 charges de 350 livres. Un double four à puddler peut recevoir 10 charges de 600 livres dans le même temps; on en retire les loupes avec 8 0/0 de déchet. Un four à puddler simple emploie 1/2 scheffel de tourbe pour 1 centner de loupe; un double four, 1,00 scheffel de tourbe pour 1 centner de loupe.

Les fours à souder et à puddler sont alimentés uniquement à la tourbe desséchée à l'air. Les premiers emploient 45 scheffels de tourbe en vingt-quatre heures et produisent 32 centners de fer dégrossi, avec un déchet de 27 0/0 sur les loupes. Ainsi 1 centner de fer dégrossi emploie au soudage 1,4 scheffel de tourbe ; 1 centner de fer dégrossi emploie au puddlage 1,20 scheffel de tourbe ; ensemble 260 livres de tourbe, le scheffel pesant 100 livres.

Procédé pour souder le fer et l'acier.

Fondre dans un vase de terre du borax et 1/10e de sel ammoniac, et couler le mélange bien homogène sur une plaque de fer ; l'y laisser refroidir. On ajoute à cette masse vitreuse une quantité égale de chaux vive.

Le tout bien pulvérisé, on en prend une petite quantité que l'on répand sur le morceau de fer ou d'acier porté à la chaleur rouge. La matière fond et coule comme de la cire à cacheter. On replace au feu les morceaux à souder ; mais ils n'ont plus besoin d'une chaleur aussi intense que dans la méthode de soudage ordinaire. Quand on les retire, on peut les frapper à volonté, et le joint est devenu invisible.

Note sur la quantité d'air insufflée dans les hauts-fourneaux;

Par M. LAURENS.

Il n'existe pas, dans la pratique des forges, de données quelque peu précises et généralement adoptées, sur la quantité d'air, qu'il faut injecter par les tuyères d'un haut-fourneau. Il est assez souvent résulté de cet état de choses que l'on donnait aux souffleries des dimensions exagérées. Ainsi, lorsque commença dans les forges ce grand mouvement d'extension qui s'est prolongé jusqu'à ces dernières années, il était admis qu'il fallait 1,000 à 1,200 pieds cubes de vent par minute pour un haut-fourneau au charbon de bois. On conçoit que les frais de premier établissement des soufflages, installés sur de semblables bases, fussent considérables.

Parvint-on à déterminer d'une manière parfaitement rigoureuse le volume d'air nécessaire à l'alimentation d'un haut-fourneau, qu'il serait toujours indispensable de donner au soufflage de cet appareil un excès de puissance; mais ce n'est plus là qu'une limite facile à poser, quand on a un point de départ.

Il est donc intéressant, ne serait-ce qu'au point de vue économique, de chercher une règle qui, pour déterminer les dimensions d'une soufflerie, se base sur la quantité d'air maximum qu'il est possible d'introduire par les tuyères des hauts-fourneaux.

La règle dont nous nous servions, M. Thomas et moi, pour la construction des souffleries, reposait sur ce que nous admettions que la quantité d'air injectée par la tuyère d'un haut-fourneau devait, au plus, atteindre celle qui était nécessaire à la conversion du carbone, chargé par le gueulard, en oxyde de

carbone. Il résulte de cette donnée que le volume d'air, ramené à 0° et à la pression de $0^{m},76$, qu'il faut insuffler par minute est de $4^{mc},41$ *au maximum*, par chaque kilog. de carbone solide, brûlé dans le même temps. Nous employons l'expression de carbone solide, parce que le charbon ordinaire contient, indépendamment des cendres et de l'eau hygrométrique, une certaine quantité de matières volatiles qu'une calcination prolongée peut seule expulser complétement. Ces matières volatiles, et le carbone qu'elles contiennent, doivent être défalquées dans le calcul, comme l'eau et les cendres, car elles abandonnent le charbon dans une partie du haut-fourneau où l'air ne peut agir sur elles.

En prenant un charbon de bois, moyen, contenant 7 0/0 d'eau, 2 1/2 0/0 de cendres, et 14 0/0 de matières volatiles, nous trouvons que chaque kilog. de charbon chargé au gueulard ne représente plus que $0^{k},765$ de carbone solide. Ce chiffre nous donne $3^{mc},374$ d'air introduit par la tuyère par chaque kilo de charbon de la charge.

Un coke moyen, renfermant 5 0/0 d'eau, 3 0/0 de matières volatiles, 12 0/0 de cendres, nous donnerait $0^{k},800$ de carbone solide pour chaque kilog. de coke chargé au gueulard. Nous en concluons qu'il faut $3^{mc},528$ d'air au maximum par chaque kilog. de coke de la charge.

Nous devons faire observer que tout le carbone jeté dans un haut-fourneau n'est pas consumé, et que de sa quantité doivent être soustraites des pertes assez variables et bien difficiles, par conséquent, à estimer. Du charbon, en effet, se perd dans les laitiers ; cette cause de perte varie avec le plus ou le moins de friabilité du combustible employé. Une faible partie du carbone est en outre absorbée par la carburation du fer.

D'un autre côté, le cheminement du charbon sur toute la hauteur d'un haut-fourneau donne lieu à la formation constante d'une certaine quantité de poussières ténues, qui sont expulsées en majeure partie par le gueulard. Cette formation de poussières, que provoque la constitution même de l'appareil,

est une circonstance digne de remarque, qui conduira à quelque conclusion utile. Certains faits, que nous aurons l'occasion d'exposer plus tard, nous donnent à penser que ces poussières si ténues jouent un rôle, indirect il est vrai, dans la carburation de la fonte.

Ces diverses causes de perte de charbon, qui sont si difficiles à apprécier dans chaque circonstance, tendent à rendre la quantité d'air attribuée par l'analyse des gaz à la combustion du charbon, plus grande qu'elle ne l'est en réalité.

En faisant l'application de la donnée que nous avons précédemment établie, à un haut-fourneau au charbon de bois, produisant 4,000 kilog. de fonte par jour, avec une consommation de 1,200 kilog. de charbon par tonne, on verrait que la soufflerie de ce haut-fourneau devrait lui fournir $11^{mc},241$ de vent par minute. La soufflerie d'un haut-fourneau au coke, produisant 20 tonnes de fonte par jour, avec une consommation de 1,400 kilog. de coke par tonne, devrait projeter par les tuyères $68^{mc},600$ de vent par minute. On a supposé dans ces calculs que la marche des hauts-fourneaux était régulière, que le soufflage était constant, et que l'air était ramené à 0° et à $0^{m},76$.

Ces quantités de vent ne comprennent pas évidemment les pertes qui peuvent provenir du refoulement de l'air à la tuyère; celles-ci varient avec le plus ou le moins de soin que l'on met à bien disposer la buse et la tuyère; il est des circonstances où l'on a pu les évaluer à 1/4 du volume d'air projeté par la buse. Avec des tuyères fermées, il n'y a pas lieu cependant de se préoccuper beaucoup de cette cause de perte.

La plupart du temps, en établissant ses calculs avec le chiffre de $4^{mc},60$, on pourvoira à toutes les prévisions de cette nature. Il est clair que nous ne parlons pas ici des prévisions que pourraient faire naître les imperfections inhérentes à la machine employée, et le défaut d'entretien.

La règle que nous venons d'exposer fut déduite de la théorie des hauts-fourneaux, qui assigne à l'oxyde de carbone un rôle essentiel et capital dans les réactions produites. Cette ingé-

nieuse théorie est restée jusqu'à ce moment ce que son savant auteur, M. Leplay, l'avait faite dès sa mise au jour : les travaux analytiques publiés depuis quelques années ne lui ont encore apporté ni modification, ni complément sur la question de la carburation.

Cette théorie, on se le rappelle, admet que l'air introduit par la tuyère est entièrement converti en oxyde de carbone après un très-court trajet au travers de la masse en ignition. Nous remarquerons en passant qu'elle conduit à admettre aussi que ce que l'on appelle le point de fusion doit se trouver très-rapproché de la tuyère.

Comme on retrouve dans les gaz du gueulard l'azote de l'air insufflé à la tuyère, l'analyse de ces gaz devrait résoudre complétement la question dont nous venons d'examiner les éléments. Les analyses industrielles, celles que l'on fait dans un but d'application, ne présentent pas assez de précision pour donner lieu à des conclusions rigoureuses. Les autres analyses, malgré tout l'appareil scientifique dont on les a entourées, sont loin d'offrir le degré de certitude que l'on trouve dans la science ; les difficultés inhérentes au sujet sont grandes en effet.

Quoique les analyses ne soient pas d'accord entre elles, leurs résultats, cependant, ne sont point en opposition avec la proposition énoncée plus haut, touchant le volume d'air maximum nécessaire à l'alimentation des hauts-fourneaux.

La règle que nous essayons de poser pour les hauts-fourneaux s'applique également aux feux d'affinerie. Dans un remarquable travail sur les feux de forges, que les *Annales des mines* ont publié en 1840, M. Thirria a émis cette opinion, que l'air projeté par les buses quittait le foyer de combustion de l'affinerie à l'état d'oxyde de carbone, et non à l'état d'acide carbonique.

La plupart des auteurs qui ont écrit sur la métallurgie laissent penser que la combustion, presque complète, du carbone est effectuée dans les hauts fourneaux par l'air insufflé à la tuyère, tandis qu'en réalité il ne peut y avoir au maximum, par cette

cause, que conversion du carbone en oxyde de carbone; le résultat final de l'action de l'air est donc, seulement, la demi-combustion du carbone.

En 1849, M. Richard, ingénieur métallurgiste, alors résidant à Seraing (Belgique), fit à la Société une communication intéressante, dans laquelle on remarque le passage suivant, qui est relatif à la quantité d'air introduite par la tuyère des hauts-fourneaux :

« Une question intéressante pour la théorie de la production de la fonte, dit cet ingénieur, est sans doute celle de la quantité d'air lancée dans le haut-fourneau. Cette quantité est portée par quelques auteurs jusqu'à 8 mètres cubes par kilogramme de combustible consommé. Ces données reposent sans doute, sur des expériences faites à des hauts-fourneaux où il se perdait une très-grande quantité de vent par l'espace compris entre la tuyère et la buse. Ici, où cet espace est fermé par un cône creux et mobile, on ne trouve que 4 à 5 mètres cubes d'air par kilogramme de coke et par les mêmes formules. Cette évaluation me semble encore trop élevée, à en juger d'après des analyses de gaz.

» L'analyse suivante, que MM. Montefiore et Schmidt viennent de faire aux hauts-fourneaux d'Ougrée, dans nos environs, n'indique qu'environ 3.7 mètres cubes d'air par kilogramme de coke. Voici la composition de ces gaz, pris à 6 pieds au dessous du gueulard :

H	0.45
C H^3	0.31
Co	28.68
Co^2	8.64
Az	61.92
	100.00

» Le coke contenait environ 90 0/0 de carbone et le carbone contenu dans la cystine était environ de 8 0/0 de la quantité de carbone renfermée dans le coke.

» Les différences que l'on observe entre les quantités d'air calculées par l'analyse des gaz et celles calculées par les pressions manométriques doivent provenir en grande partie, lorsqu'il ne se perd pas beaucoup d'air près de la buse, de ce que dans les formules ordinairement employées, l'on ne tient pas compte de la contre-pression qui existe dans le creuset, et qui est nécessaire pour faire traverser aux gaz les matériaux qui remplissent toute la cuve. Mesurer directement cette contre-pression, tout en tenant fermé l'espace annulaire entre la buse et la tuyère, est toujours une opération assez longue et quelquefois difficile.

» Il serait donc utile d'avoir des formules plus exactes que celles employées jusqu'ici. »

Nous devons, en terminant, faire observer que les faits cités par M. Richard viennent prêter appui à la règle que des considérations théoriques nous avaient conduits à adopter.

Note sur les robinets adaptés aux locomotives.— Emploi de cônes obturateurs.—Graissage continu des cylindres;

Par M. C. POLONCEAU.

Les machines locomotives nécessitent l'emploi d'un grand nombre de robinets qui, par leurs faibles dimensions, par la trépidation de la machine et la difficulté de leur entretien, sont presque continuellement en mauvais état et donnent lieu à des fuites, malgré des réparations fort coûteuses.

Dans les machines construites par M. Polonceau en 1849 et 1850, pour la ligne d'Orléans, on a employé des robinets à cône formant soupape, qui ne présentent pas les inconvénients des anciens robinets, en les disposant pour les différents usages auxquels ils sont destinés.

Les robinets qui ne doivent être ouverts qu'un instant sont les plus simples. Le corps du robinet est un tube droit, taraudé intérieurement sur une partie de sa longueur, présentant au-dessous du taraudage un rétrécissement qui forme un siége conique. La clef se termine par un cône et porte une partie taraudée qui s'engage dans celle correspondante du corps du robinet. En faisant tourner la clef, le cône fait obturateur en portant sur son siége. On donne issue à la vapeur ou au liquide par un orifice latéral, placé entre le rétrécissement conique et le taraudage.

La vis devant être assez lâche pour permettre au cône de se centrer sur son siége, il en résulte qu'elle permet des fuites lorsque le robinet doit rester longtemps ouvert; mais malgré cet inconvénient, la disposition est très-convenable pour les robinets de vérification de la chaudière et pour ceux d'épreuve des pompes (*fig.* 11 *et* 12.)

une émulsion qui fait durer le graissage plus longtemps que ne le comporterait la quantité d'huile introduite. Ces robinets graissent pendant 12 à 15 kilomètres au moins, avec une levée de soupape de 1/4 de kilogramme environ (*fig.* 17 et 18.)

Au lieu de placer ces robinets au milieu du plateau d'avant des cylindres, comme on a l'habitude de le faire, ce qui a l'inconvénient de faire tomber l'huile au fond du cylindre, près de la lumière d'introduction et de sortie, sur une partie que n'atteint pas le piston, ils ont été posés sur le dessus du cylindre, de manière que l'huile soit rencontrée par le piston.

PARIS — IMPRIMERIE CENTRALE DE NAPOLÉON CHAIX ET C^ie^, RUE BERGÈRE, 20.

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Octobre, Novembre et Décembre 1850.)

N° 11.

Pendant ce trimestre on a terminé la discussion sur la construction des machines locomotives. La Commission chargée de résumer les questions relatives à l'établissement des ponts suspendus a fait un rapport qui a soulevé une discussion dont il sera rendu compte dans un prochain bulletin. Dans la séance du 6 décembre, il a été décidé que le projet de règlement rédigé par le bureau serait imprimé et distribué à tous les membres, qu'il serait mis en vigueur pendant trois mois à partir du 1er janvier 1851, et que pendant cet intervalle tout sociétaire pourrait déposer une proposition nouvelle ou des modifications. Après les trois mois écoulés, le Comité discuterait toutes les modifications proposées et renverrait au vote de la société toutes celles qu'il n'aurait pas adoptées. Dans la même réunion la société donnerait un vote d'ensemble pour arrêter définitivement le règlement. Dans la séance du 20 décembre il a été donné lecture du rapport du trésorier qui expose la situation financière de la société.

Dans cette séance la société a procédé aux élections du bureau et du comité pour l'année suivante. Le résultat du scrutin a donné la composition suivante :

Membres du Bureau.

Président :

M. Perdonnet ✻, rue Neuve-des-Mathurins, 73.

Vice-présidents :

MM. E. Flachat ✻✻, rue de Londres, 51.
Charles Callon, rue des Vosges, 18.
C. Polonceau ✻, boulevart de l'Hôpital, 4.
Emile Vuignier ✻, rue du Faubourg-Saint-Denis, 146.

Secrétaires :

MM. Adolphe Bellier, rue Saint-Honoré, 83.
Léon Yvert, rue Bleue, 5.
Goschler, quai de l'Ecole, 26.
E. Gerber, rue Richer, 10.

Trésorier :

M. Loustau, rue Saint-Quentin, 23.

Membres du Comité.

MM. Faure, boulevart Saint-Martin, 55.
Nozo, place du Château-Rouge, 2, à Montmartre.
Houel ✻, quai de Billy, 48.
J. Petiet ✻✻, rue Lafayette, 34.
M. Alcan, rue d'Enghien, 28.
P. Seguin, rue Louis-le-Grand, 3.
Léonce Thomas ✻, rue des Beaux-Arts, 2.
Degousée, rue Chabrol, 37.
A. Salvetat, à Sèvres (Manufacture nationale).
Yvon Villarceau, rue Cassini, 14.
A. Barrault, rue de Clichy, 63.
Deligny, à Asnières.
Gouin ✻, rue Neuve-des-Mathurins, 26.
Cavé ✻, rue du Faubourg-Saint-Denis, 214.
Victor Bois, place du Havre, 14.
Stéphane Mony ✻, rue Saint-Lazare, 23.
Pepin-Lehalleur ✻, rue de la Victoire, 14.
Bergeron, rue de Lille, 79.
Knab, rue de Seine, 72.
La Salle, rue Saint-Georges, 58.

Pendant ce trimestre la société a reçu :

De M. Polonceau : 1° une note sur les robinets qu'il a récemment appliqués à ses machines locomotives.

2° Une note sur le moyen de réunir les machines locomotives avec leurs tenders à l'aide de raccords métalliques disposés en spirale.

De M. Nozo, un mémoire sur l'entretien de la partie tubulaire des chaudières des machines locomotives.

De M. Goschler, une note sur la pénétration des bois par des sels métalliques. (Extrait des *Annales de la société des ingénieurs autrichiens.*)

De M. Vuigner : 1° une note relative au nouveau système de portes d'écluse adopté sur le canal Saint-Denis.

2° Une note sur un magasin d'entrepôt pour les céréales, construit sur le terre-plein (rive gauche), immédiatement en amont du bassin de La Villette.

3° Une note relative aux inondations souterraines qui se manifestent assez fréquemment dans les quartiers nord de Paris.

De M. La Salle, une note sur un échappement variable à orifice annulaire pour les machines locomotives.

De M. Guérard, la description d'un nouveau frein à vapeur.

Les membres nouvellement admis sont les suivants :

Au mois d'octobre.

M. Cambier, présenté par MM. G. Gayrard, Lepeudry et Grenier.

Au mois de novembre.

M. Guibal, présenté par MM. V. Bois, A. Nillis et Cornet.

Au mois de décembre.

MM. Morard, présenté par MM. Alquié, Ch. Donnay et L. Yvert.

Hovine, présenté par MM. A. Barrault, Lorentz et La Salle.

MÉMOIRE N° XXIV.

Renseignements pratiques sur la construction des fours à cémenter, et considérations sur le chauffage de ces fours au moyen des gaz des hauts-fourneaux ;

PAR M. A. PIQUET.

Dans la cémentation du fer ou des aciers ferreux la construction du four est la chose capitale; la manipulation est presque nulle, et quelque habile qu'elle soit, elle ne peut en rien prévenir les manques de réussite provenant d'une mauvaise construction. Or celle-ci est généralement peu connue, et je ne crois pas qu'il existe un ouvrage qui en traite d'une manière complète.

Le mémoire de M. Leplay, par exemple, qui est peut-être ce qu'il y a de plus complet sur cette matière, soit que cela n'entrât pas dans le but de l'auteur, soit que la difficulté de se procurer certains renseignements l'ait empêché d'entrer dans de grands développements à cet égard, se tait presque complétement sur ces détails.

Appelé à construire un de ces appareils, j'ai eu occasion de les étudier et de constater les difficultés d'exécution qu'ils présentent. La principale, ou plutôt, la seule difficulté réelle, gît dans la construction des caisses. Dans la Loire, où j'ai principalement étudié cette construction, on est dans l'usage de la confier à des hommes spéciaux qui, par la pratique, sont arrivés à combiner d'une manière convenable l'appareillage des briques qui les forment.

C'est dans la pensée que la connaissance de cet appareillage peut être de quelque utilité que je me suis décidé à rédiger les remarques que j'avais faites à ce sujet et à les communiquer à la société des ingénieurs civils.

Je lui présente donc ce travail comme un recueil d'observations destinées à combler en partie les lacunes qui existent dans ce qui a déjà été dit au sujet des fours à cémenter, et nullement comme un traité de construction de ce genre de four. Dans le même but, j'ai ajouté à ce travail quelques mots sur l'application des gaz des hauts-fournaux au chauffage des fours de cémentation.

Pour procéder par ordre, je diviserai ce travail en trois parties :

§ 1. Construction de l'extérieur du four ;

§ 2. Caisses, chemises réfractaires ;

§ 3. Utilisation des gaz des hauts-fourneaux au chauffage des fours à cémenter.

§ 1. — CONSTRUCTION DE L'EXTÉRIEUR DU FOUR.

1° FORMES EXTÉRIEURES GÉNÉRALES DES FOURS A CÉMENTER.

Un four à cémenter se compose de la masse dans l'intérieur de laquelle se trouvent les caisses, et de la cheminée.

Les fours sont ou ne sont pas enfossés ; la masse est généralement rectangulaire, presque carrée ; la cheminée repose sur la masse ; elle est, soit conique, soit pyramidale à huit pans, soit enfin pyramidale à quatre pans.

Fours enfossés.

Un four enfossé est un four dont la masse est enterrée jusqu'à environ $0^{m}.10$ au dessous des éprouvettes.

Les fours enfossés sont généralement préférés comme occupant moins de place, exigeant une moindre masse, étant plus commodes pour le chargement et le déchargement, et enfin comme moins exposés au vent.

Fours non enfossés.

Les fours construits complétement au dessus du sol ne sont donc établis que dans des cas exceptionnels, comme, par exemple, dans le cas de fondations difficiles et coûteuses, etc.

Cheminées.

La cheminée repose sur la masse, et un passage est laissé libre sur cette masse tout autour de la cheminée. La cheminée se présente généralement sous la forme d'une pyramide à huit pans, terminée par une petite partie prismatique. On préfère cette forme comme plus gracieuse et moins coûteuse, parce qu'elle n'exige de briques à modèles que pour les angles, et qu'on peut même se dispenser d'en faire mouler, en taillant à la main le petit nombre de briques dont on a besoin pour cet usage.

2° Détails de construction de l'enveloppe extérieure.

L'enveloppe extérieure se compose de la masse et de la cheminée, et généralement on la construit complétement avant de commencer les caisses.

Nous allons examiner brièvement le mode de construction des différentes parties de l'enveloppe, et les soins qu'il importe d'apporter dans cette construction.

Fondations.

Elles doivent être telles qu'il n'y ait pas de tassements, ou que, dans le cas où l'on ne peut les éviter complétement, elles fassent qu'ils aient lieu d'une manière égale sur tous les points de la surface d'assiette du four, de manière à ne pouvoir produire aucune dislocation de l'enveloppe, et, par suite, des caisses.

Ainsi, il est nécessaire de donner une résistance convenable et à peu près uniforme au sol sur lequel on s'établit. On construit sur une fondation qui se compose généralement d'un grillage jointif en écoins de chêne placé sur le sol, et qui est couvert d'un béton gras de 0m,60 à 0m,70 d'épaisseur. (Planche 19, fig. 1.)

Cendrier.

Le cendrier s'étend sur toute la longueur du four, ou est divisé en deux en son milieu par un massif de 1m d'épaisseur environ, qui donne plus de solidité à la masse, et diminue la longueur des barreaux de la grille.

Le fond du cendrier a la forme d'une voûte renversée, dans le but aussi d'éviter les tassements, en faisant porter la charge sur toute la surface de fondation.

Pour cette voûte on n'emploiè pas de briques à modèles, on se contente des briques ordinaires, auxquelles on donne le gras avec du mortier.

Des massifs.

De chaque côté du cendrier est un massif. Ce massif varie d'épaisseur suivant que le four est ou n'est pas enfossé, suivant aussi, et cela va sans dire, qu'il est plus ou moins armé. Ces massifs ont pour but d'assurer une certaine solidité à l'appareil et d'empêcher de trop grandes déperditions de chaleur.

Dans le cas de fours enfossés, les voûtes de travail de deux côtés, le sol des deux autres, consolident le four; de plus, il y a moins de déperdition de chaleur, puisque la masse est moins exposée à l'air. Il y a donc alors lieu de réduire l'épaisseur des massifs. On leur donne dans ce cas des dimensions telles que l'épaisseur de maçonnerie qui enveloppe les caisses soit de 1m,15 environ.

Des voûtes de travail.

Les voûtes de travail se trouvent aux deux extrémités du four devant le foyer et dans une direction perpendiculaire à la direction du foyer.

Elles sont très surbaissées, n'ont point de communications entre elles, et sont disposées en plan (fig. 2), en arc de cloître. Les piédroits de ces voûtes sont *ss* et *rr*. *s* se construit en

même temps que la masse et se présente comme une portion de mur accolé contre elle. On a soin toutefois de ne pas construire en saillie sur la masse les parties de ces piédroits correspondant à la place que doivent occuper les armatures. Un escalier, situé à une extrémité de chaque voûte de travail, sert au service du foyer. Un trou placé au dessus du foyer sert à la ventilation, et un autre trou, placé à l'extrémité de la voûte de travail, sert à y jeter le combustible destiné au chauffage du four.

Forme intérieure de la masse.

L'intérieur porte les vides et retraites nécessaires à l'établissement des caisses et des chemises réfractaires dont doit être garni le four (fig. 1).

Ouvertures.

Outre le cendrier et le gueulard, les deux faces de la masse qui portent ces ouvertures en ont d'autres, savoir : deux pour nettoyer les carnaux du dessous des caisses; deux pour les éprouvettes, une pour le chargement et le déchargement des caisses, et quatre pour les tirants et armatures.

Dans l'intérêt de la conservation des fours, il est bon d'armer toutes les ouvertures avec de la fonte. Quant à leurs dimensions et leurs positions (fig. 3), elles sont à peu près invariables, quel que soit le four.

Chemin sur la masse.

Sur la masse autour de la cheminée, j'ai déjà indiqué qu'on avait soin de ménager un chemin. Ce chemin doit être recouvert d'un béton de 0^{m}.10 environ, ayant une légère pente vers l'exterieur du four, de façon à éviter la stagnation des eaux pluviales sur la masse et les dégradations qui en seraient la conséquence.

Cheminée.

La cheminée repose sur la masse ; on la fait généralement assez mince (0^{m}.25 à 0^{m}.30 d'épaisseur); les formes diverses de cette cheminée ont été déjà décrites, ainsi que la condition

d'établissement de sa base. Quant au talus qu'on lui donne, il se trouve déterminé naturellement par la section à la base, par la hauteur, qui est généralement de 7m à 7m.50, y compris la petite partie prismatique, qui a de 1m à 1m.80 de haut, et par la section du sommet, que l'on fait presque toujours telle que le diamètre qui lui serait inscrit soit de 0m.50 à 0m.60.

Pour la construction des cheminées, on n'emploie généralement pas de briques à modèle; on se contente de briques ordinaires, et l'on obtient le talus au moyen du mortier avec lequel on donne aux briques le gras convenable pour que leur face extérieure soit dans le plan indiqué par la règle de talus.

Pour une cheminée comme celle du four décrit dans ce mémoire, il faudrait environ 10,500 briques de 0m.25 sur 0m.12, et sur 0m.05; l'épaisseur des joints des briques est environ de 0m.01.

La cheminée est percée de deux ouvertures suffisamment grandes pour le passage d'un homme (0m.60 sur 0m.70), et destinées à permettre la visite et la réparation de la voûte des caisses et de ses petites cheminées. La visite est au reste nécessaire de temps en temps, afin de voir, par la flamme qui s'échappe des petites cheminées, si elle circule régulièrement autour des caisses.

Les deux ouvertures de la cheminée sont voûtées, et ces petites voûtes sont établies sur des cintres en fer feuillard dont les extrémités sont prises dans la grande cheminée. Les voûtes achevées, les cintres sont laissés en place, afin que, si un jeu venait à s'effectuer dans la grande cheminée, comme ce jeu a lieu généralement dans les faces où sont les portes, les voûtes de celles-ci ne vinssent pas à tomber et à entraîner la chute d'une partie de la cheminée.

Armatures.

On arme la masse du four ; soit en bois,
soit en bois et fer,
soit en fonte et fer.

Le bois a l'avantage suivant : c'est que, se contractant par la chaleur au lieu de se dilater, il permet moins de jeu au four que tout autre système d'armatures. Lorsque l'on arme en bois, on emploie du chêne vert, afin que l'effet produit par la chaleur du four soit une contraction qui resserre davantage les armatures contre la masse. (Les bois employés ont un assez fort équarrissage.)

La combinaison du bois et du fer, le fer étant employé comme tirants placés à l'extérieur de la masse, présente le même avantage ; de plus, il y a plus de légèreté dans l'armature, et, comme il n'y a pas d'assemblages de bois vert qui, par le séchage, éprouvent un jeu qui nuit à leur solidité, leur emploi paraît préférable.

Enfin, vient l'armature en fonte et fer. Cette dernière offre une grande durée, et une rigidité suffisante, malgré l'allongement produit par la chaleur sur les tirants en fer qui maintiennent les plaques contre la masse : en effet, la longueur des tirants est au plus, même dans le cas de grands fours, de 6 mètres ; la température moyenne qu'ils atteignent ne dépasse guère 300° ; de sorte que (0,0013 étant le coefficient d'allongement pour une élévation de température de 100°, d'après Dulong), dans le cas de pose à froid, l'allongement ne serait que de 0,023, ce qui ne présente aucun inconvénient.

Au point de vue de l'économie, à première vue, l'armature la moins chère serait l'armature en bois et fer ; après ce système viendrait celle en bois, puis enfin celle en fonte et fer.

Cependant, quand l'emploi de la fonte est judicieux, quand, au lieu de faire comme dans le bassin de la Loire, on substitue aux armatures de fonte à l'état de lames plates des armatures munies de nervures convenablement raisonnées, comme celles que j'ai appliquées à Allevard, on peut réduire considérablement (1/2 environ) le poids de la matière employée, et la différence de prix dans la pluralité des cas peut se trouver assez faible alors pour que la plus longue durée des armatures en fonte et fer, et la valeur que conserve la matière première,

même après leur mise hors de service, permette, au triple point de vue de l'économie, de la solidité et de l'élégance, de leur donner la préférence.

Dans la Loire, d'ailleurs, on paraît disposé à accorder la préférence à ce genre d'armatures, et, aujourd'hui, la presque-totalité des fours s'arment en fonte et fer (1).

Du sol autour des fours enfossés.

Quand des fours enfossés ne sont pas abrités (c'est ce qui a lieu le plus communément dans la Loire), il est bon, autant que possible, de rendre le terrain imperméable à l'humidité tout autour du four, afin d'éviter des déperditions de chaleur et des détériorations.

A cet effet, j'engagerais d'abord à composer le terrain qui touche le four des deux côtés où il n'y a pas de voûtes de travail de la manière suivante :

1° Une couche de cailloux et scories de 0m.60 d'épaisseur le long du four ;

2° Une couche d'argile de même épaisseur ;

3° Une couche de cailloux et scories de même épaisseur ;

Puis, à former autour du four une aire imperméable, au moyen d'un béton gras de 0m.15 d'épaisseur et de 1m.80 de largeur environ, qui, du côté des voûtes de travail, repose directement sur ces voûtes et les rend imperméables à l'eau.

Enfin, j'engage à protéger cette aire, dans les points de passage les plus fatigués, au moyen de plaques de fonte.

Choix et emploi des matériaux.

La masse peut se construire en matériaux quelconques,

(1) Les armatures du four décrit dans ce mémoire, qui sont en fonte et fer, pèsent environ 3,400 k. Dans ce chiffre sont compris les poids des porte-barreaux et des gueulards. On n'aurait donc à y ajouter que le poids des barreaux des grilles, celui des armatures des ouvertures situées sur les voûtes de travail, et, enfin, celui des plaques posées sur le sol autour du four.

pourvu qu'ils soient susceptibles de bonne liaison, et que la chaleur de 100 à 200° ne les décompose pas.

Dans tous les cas, on exécute généralement en bonnes briques ordinaires : le cendrier, la partie de l'enveloppe extérieure qui se trouve en contact avec les matériaux réfractaires, la grande cheminée et les voûtes de travail.

Dans le cas de construction de la masse en matériaux ordinaires, on fait les angles en pierre de taille plus ou moins finement taillée. Le plus souvent, la masse est en briques, ainsi que tout le reste de la construction. (Ces briques ont, dans la Loire, 0m.25, 0m.12 et 0m.07.)

On emploie la chaux grasse pour les parties qui sont à l'abri, la chaux hydraulique pour celles qui sont exposées à la pluie.

Les briques et les autres matériaux servant à la construction sont employés sans avoir été mouillés au préalable, afin d'avoir un séchage plus prompt, plus parfait, et pour avoir aussi, dans le cas de briques, un ouvrage plus propre, plus facile et pouvant se passer de rejointoyage.

En effet, les briques non mouillées sont posées à gros joints; le mortier est employé moyennement clair; son eau, absorbée par la brique, l'empêche de salir cette dernière en lui donnant immédiatement prise, et on lisse de suite le joint à la truelle. Cette dernière propriété, d'une prise presque instantanée du mortier, est précieuse dans la construction de la cheminée et des voûtes, en permettant de donner rapidement et régulièrement le gras aux briques, seulement au moyen du mortier.

On pourrait objecter à cette méthode que la construction perd ainsi de sa solidité. D'une manière absolue, cela est vrai; mais si l'on observe qu'elle est faite pour résister uniquement à des efforts de dilatation et d'expansion de vapeur, on verra bien vite qu'on se trouve dans des conditions de solidité préférables à celles qu'assure l'emploi ordinaire des matériaux.

Aussi, je ne crois pas inutile d'appeler l'attention sur ce

mode de construction, et je termine ce qui est relatif à la première partie de ce travail, à l'enveloppe extérieure, en recommandant de laisser dans les massifs de construction de nombreux carneaux de séchage, que l'on bouche lorsque la masse paraît suffisamment séchée.

§ 2. — CAISSES, CHEMISES RÉFRACTAIRES.

But de l'appareil.

Laissant de côté toute discussion de forme et de dimension, j'aborderai de suite la question d'appareil. Celui-ci doit avoir pour but :

1° De créer le plus d'obstacles qu'il est possible à la pénétration d'une manière appréciable du gaz dans les caisses ;

2° De donner aux caisses une solidité et une solidarité des plus complètes, de manière à empêcher tout jeu, toute fissure, qui aurait encore pour résultat l'introduction des gaz dans leur intérieur, introduction qui amènerait un commencement de fusion des barres à cémenter, et leur agglomération par suite de ce commencement de fusion et de la combustion des couches de cément qui les séparent.

Appareil. Conditions de réussite.

L'appareil réunit, comme on peut le voir (fig. 12), les deux conditions requises. Il donne de très bons résultats lorsque l'exécution en est convenablement soignée, c'est-à-dire lorsque chaque brique est bien dressée, que les joints (faits avec un mélange réfractaire tamisé au tamis de soie n. 35, et employé à l'état de bouillie claire) présentent une épaisseur tellement faible, que, lorsqu'ils sont secs, et qu'on regarde en plan une assise de briques, on peut à peine les voir, et quand enfin le mélange réfractaire est composé de façon à résister à la température du four et à éprouver peu de retrait. Dans la Loire, il se compose de terre de Bollène et de sable de Voreppe mélangés à peu près par moitié.

Ordre de construction.

On commence par garnir le foyer et le dessous des caisses d'une enveloppe réfractaire; puis on pose les briques cintrées au dessus du foyer, puis les briques longues formant les carneaux du fond des caisses, puis les plateaux, qui réclament surtout les plus grands soins dans leur pose. Cela fait, on pose un rang de briques déterminant les caisses et les carneaux verticaux qui les entourent, en se conformant à l'appareil ω (fig. 12). On pose ensuite un second rang conforme à l'appareillage ω', puis un troisième semblable au premier, et ainsi de suite jusqu'à l'entier achèvement des caisses. (Dans la pose de ces diverses assises de briques, on commence toujours par les briques du milieu.)

Les caisses terminées, on pose la voûte destinée à les recouvrir. Cette voûte est simple ou en arc de cloître, et dans les deux cas, la directrice est une anse de panier. On y ménage 5 ou 6 cheminées, suivant la dimension du four.

Ce que l'on est obligé de faire pour donner le modèle exact des briques et pour en faciliter la pose.

Pour se reconnaître dans une semblable construction, il est de toute nécessité de tracer l'appareil en vraie grandeur, et de découper en carton, tôle ou zinc, les formes des briques destinées à servir au briquetier pour exécuter ses moules. Pour faciliter la pose des briques, chacune de celles qui composent une même assise porte un même numéro, et toute brique destinée à être placée dans une position exceptionnelle a une lettre distincte (1).

(1) Le nombre de modèles différents, variables du reste, suivant l'appareil adopté, est, dans le cas particulier du four décrit, de 30 à 35 environ. Il y a des appareils qui en exigent un nombre plus considérable, 60 par exemple. Néanmoins, on obtient de fort bons résultats sans une aussi grande complication d'appareil.

De cette manière, avec un dessin de l'appareil, ou après l'avoir vu exécuter plusieurs fois, il est facile de mener à bonne fin l'établissement des caisses, malgré la multiplicité de briques de modèles différents qui entrent dans cette construction.

Dimensions. Devis.

Pour éviter de répéter ce qui a déjà été dit par d'autres, je renverrai, pour la recherche des dimensions, au savant mémoire de M. Leplay sur la fabrication de l'acier dans le Yorkshire, publié dans les *Annales des mines*, IV^e^ série, tome III, et je ferai seulement remarquer que dans la Loire on s'écarte en deux points des usages suivis dans ce comté.

1° On donne, proportion gardée, une plus grande hauteur aux caisses, et cela pour utiliser plus complétement la chaleur.

2° On multiplie davantage les carneaux, et on les fait par conséquent plus petits; ce qui a, je crois, outre le même avantage que celui précité, celui de donner une plus grande solidité aux caisses.

Ainsi, prenant comme point de comparaison le four ici décrit, dont les caisses ont 1^m^.80 de haut, 0^m^.67 de large et 2^m^ de long, d'après M. Leplay, un four destiné à faire le même service, c'est-à-dire à cémenter environ 10, à 12,000 kil. par opération, aurait au maximum 0^m^.90 de haut, 0^m^.90 de large et 2^m^.80 de long; le nombre des carneaux serait, malgré cette grande longueur, encore moins considérable que dans le four précité.

Quant au devis, comme il est au pouvoir de tout le monde de le faire quant à ce qui concerne les matériaux, je me bornerai à donner les prix faits habituels des diverses parties de la construction tels qu'ils sont généralement adoptés dans la Loire, cela servant de base pour calculer la main-d'œuvre en quelque localité que ce soit.

La masse se paie 3 fr. 50 c. le mètre cube, vides et pleins

compris, moins toutefois le vide des caisses (matériaux à pied d'œuvre).

La cheminée, 1 fr. 50 c. le mètre carré de parement extérieur (matériaux à pied d'œuvre).

Les caisses se font à la journée, à raison de 5 fr. par maçon, 2 fr. par manœuvre. (Deux maçons servis par un manœuvre, les matériaux étant à pied d'œuvre, mettent quinze à dix-huit jours pour les faire.)

Le dessin d'appareil et les soins de l'entrepreneur se paient 200 fr. Les briques réfractaires se paient, comme les briques des hauts-fourneaux, à raison de tant les 100 kil. Dans la Loire, les 100 kil. de briques, frais de modèles compris, se paient 5 fr.

La densité de ces briques est d'environ 2. 2.

Pour compléter les données relatives à l'établissement du devis, je dirai que dans le four d'Allevard il y a environ :

490^{mc} de déblai et de remblai,

88^{mc} de maçonnerie ordinaire et de béton,

107^{mc} de maçonnerie en briques ordinaires,

7^{mc}.90 id. en briques réfractaires,

3,400 kil. de fonte et de fer (ce chiffre comprenant les fontes des pièces désignées § 1, au titre *Armature*), et que le tout a coûté environ 5,970 fr.

J'ajouterai enfin que cette dépense se trouve très forte, par suite de la distance des localités où l'on a été obligé d'aller chercher les matériaux, et du prix élevé de certains de ces matériaux pris aux environs d'Allevard. Ainsi, par exemple, la fonte a coûté 20 fr. les 100 kil.; les briques ordinaires, transport compris, sont revenues à 5 fr. le 100, etc., etc.

Si l'on supposait que tous les matériaux fussent à proximité, la suppression d'une partie des transports amènerait déjà une réduction de dépense de 2,200 fr. environ.

Et si l'on se trouvait dans les conditions où l'on se trouve dans presque toutes les parties du bassin de la Loire, on établirait certainement un four comme celui qui nous occupe à

moins de 3,500 fr. Au reste, dans la Loire, on considère toujours la construction d'un four à cémenter de 18 à 20,000 kil. comme devant coûter environ 4,000 fr.

§ 3. — UTILISATION DES GAZ DES HAUTS-FOURNEAUX AU CHAUFFAGE DES FOURS A CÉMENTER.

Lorsque la construction du four qui nous occupe me fut confiée, je songeai à le chauffer au moyen des gaz du haut-fourneau (qui est un fourneau au bois, donnant 4 tonnes en 24 heures, et dans lequel on traite du fer carbonaté spathique). Je fis alors quelques études qui se bornent à peu près à la solution des questions suivantes :

I. La composition des gaz pris au gueulard d'un haut-fourneau n'est-elle pas telle, qu'elle indique la présence de substances dont la pénétration dans l'intérieur des caisses pourrait altérer les produits de la cémentation?

II. A-t-on besoin d'un courant d'air forcé } pour obtenir une
III. A-t-on besoin de chauffer l'air } température convenable?

IV. Peut-on ou doit-on exclusivement chauffer au gaz?

V. Peut-on obtenir un chauffage aussi régulier qu'à la houille?

VI. Quelles conditions doit remplir l'appareil de combustion?

La solution de ces questions que je donne ici m'a conduit sans hésiter à employer les gaz. Nous les allons traiter successivement.

I. Des recherches de M. Ebelmen, publiées dans les *Annales de mines de* 1844, sous le titre de *Recherches sur la composition des gaz produits dans les opérations de la métallurgie et des gaz produits par divers combustibles*, il résulte, et ceci a du reste été confirmé par d'autres chimistes, que le soufre existe en proportions presque inappréciables et probablement à l'état de sulfure de carbone dans les gaz des hauts-fourneaux pris au gueulard, et que la majeure partie du soufre reste dans les

produits fixes de l'opération, soit fonte, soit laitier. Dans les mises en feu seulement, les gaz sulfurés persistent : donc l'emploi des gaz d'un haut-fourneau quelconque ne présente dans ce cas, au point de vue de sa composition, aucun inconvénient.

II ET III. La température à obtenir, d'après différents auteurs, est celle de 1000° environ, correspondant au cerise-clair, ou mieux au point de fusion du cuivre. Sans pouvoir cependant l'affirmer, je ne crois pas que l'air froid non injecté par une machine soufflante produise une température suffisante; de plus, la combustion des gaz, dans ces conditions, n'est pas complète, le mélange de l'air et des gaz n'est pas intime, de sorte que l'on n'utilise qu'une faible partie de ces gaz.

Cependant M. Ferry, dans son cours à l'École centrale, paraît penser que l'air froid, même sans l'intervention d'une machine soufflante, suffit pour donner une température d'environ 1,200° (les gaz brûlés étant ceux d'un haut-fourneau). De sorte qu'en résumé, il paraît possible que l'air froid sous la pression atmosphérique suffise, et qu'il est à peu près certain que l'air comprimé (à $0^m.03$ de pression de mercure, par exemple) permet, et au-delà, d'obtenir la température nécessaire à la cémentation, sans avoir recours à l'air chaud. A l'appui de ces opinions, je citerai un fait : c'est que chez M. Héroy, à La Hutte et près Darney (Vosges), où l'on cémente avec la chaleur perdue des feux d'affinerie, et cela sans air chaud et sans courant d'air forcé, les résultats obtenus sont satisfaisants (la cémentation est opérée en huit jours).

Or la composition des gaz provenant d'un feu d'affinerie d'acier est bien différente de celle des gaz des hauts-fourneaux, et la puissance calorifique des premiers est bien supérieure à celle des seconds. Ce fait permet donc de douter que l'emploi de l'air froid sous la pression atmosphérique soit suffisant. Aussi, ayant à ma disposition le vent d'une machine soufflante, j'ai jugé à propos de disposer mes appareils pour courant d'air forcé. Quant à l'emploi de l'air chaud, il ne peut donc être en-

visagé que sous le point de vue de l'économie. Aussi me bornerai-je à dire en passant que, si l'on voulait s'en servir, je crois qu'on chaufferait aisément l'air à 100 ou 150° en le faisant circuler dans un appareil conique convenablement disposé, placé dans la cheminée du four, au dessus de la voûte des caisses. L'air entrerait par le haut du cône et sortirait par sa partie inférieure.

Dans l'hypothèse de l'emploi d'un courant d'air forcé, j'engagerai à disposer les conduites de vent de façon que, dans le cas où on le jugerait convenable, il fût facile de substituer l'air chaud à l'air froid. (L'emploi de l'air chaud est du reste avantageux, en ce qu'il détermine une plus parfaite combustion des gaz, et MM. Thomas et Laurens ont remarqué qu'il était nécessaire pour la combustion complète du gaz oxide de carbone.)

IV. Quand on emploie les gaz comme combustible, il est utile d'avoir une grille dite *de secours*. Cette grille, de petite dimension, sert :

1° A chasser, au moyen d'un feu à la houille, tout l'air qui se trouve dans le foyer et les carneaux, et à commencer ainsi le chauffage. Ce n'est donc que lorsque le four est déjà un peu chauffé et que l'air est complétement chassé de l'appareil qu'on fait usage du gaz.

2° Elle sert à enflammer, au commencement du chauffage, au fur et à mesure de leur introduction dans l'appareil, le mélange combustible d'air et de gaz qu'on y a fait pénétrer.

3° Enfin, elle tient lieu de soupape, en ménageant une issue au gaz dans le cas d'explosion.

Outre cette petite grille, je considère comme important de disposer le chauffage au gaz de telle sorte que, le cas échéant, on ait à sa disposition, aisément et sans perte de temps notable, une grille suffisante pour faire marcher le four complétement à la houille. Il est utile de remarquer que l'emploi du courant d'air forcé nécessite la fermeture parfaite du cendrier lors de la marche, car sans cela la pression qui existe dans ce cas à l'intérieur du four projetterait la flamme par toutes ces

issues. On peut donc avoir des portes *ad hoc* fermant le cendrier, qu'on luterait lors de l'introduction des gaz et de l'air forcé dans le four.

V. L'appareil de combustion à employer doit réunir les conditions suivantes : être simple, peu coûteux, facile à démonter, opérer un mélange convenable de l'air et des gaz, et enfin être facile à régler.

VI. Reste à examiner la question de régularité de chauffage. Or, celui-ci paraît devoir être tout au moins aussi régulier qu'à la houille. En effet, comparons les causes d'irrégularité qui se présentent dans les deux cas.

1° Dans le chauffage à la houille il y a : la fréquence des chargements, qui se renouvellent d'heure en heure au moins; les négligences de celui qui est préposé à l'entretien du foyer, et même les soins donnés au foyer, car ils nécessitent l'ouverture du gueulard et amènent ainsi un refroidissement par l'introduction d'une quantité considérable d'air dans le foyer; il y a, enfin, comme dernière cause d'irrégularité, l'influence du vent et des courants d'air sur la marche du feu.

2° Dans le chauffage au gaz il y a : l'influence des chargements du haut-fourneau; mais elle est moins sensible que celle des chargements du four, car les conduits de gaz forment réservoir, et quand le fourneau marche à gueulard ouvert, cette influence est à peu près nulle (cela, du moins, quand on emploie la trémie telle que la font MM. Thomas et Laurens, et que, les gaz ayant été lavés au moyen de l'épurateur introduit dans l'industrie par ces Messieurs, les conduites ne se trouvent pas engorgées). Quant à la fréquence et à la durée des chargements, elle est à peu près la même dans les deux cas. Il y a aussi à considérer que les variations dans la marche du feu, par suite du chargement du haut-fourneau, ne se font sentir que pendant la durée de ce chargement, et non après, tandis que le chargement du foyer du four modifie le feu jusqu'à ce que les charbons noirs qu'on a jetés dans le foyer soient complétement allumés. Enfin l'influence des vents et des courants

d'air est moins sensible, car leur action ne peut avoir lieu que par la petite grille de secours, et n'a même plus lieu du tout quand on marche à air forcé, et par conséquent avec toutes les ouvertures du foyer bouchées. Cette comparaison amène donc à conclure que le chauffage au gaz doit présenter une régularité au moins égale, sinon plus grande, que celui de la houille.

Là se termine la revue des conditions indispensables à remplir. L'appareil que j'ai fait exécuter, d'après mes plans, pour le chauffage du four à cémenter d'Allevard, me paraît réunir ces diverses conditions. Il est établi pour l'emploi de l'air à courant forcé ($0^m.03$ de pression).

Je ferai observer que je ne rappelle pas les calculs que j'ai faits pour établir mon appareil, parce que je pense qu'il est au pouvoir de tout ingénieur de les faire; et, comme ces calculs reposent sur des données publiées dans un assez grand nombre d'ouvrages, qu'il est inutile de reproduire ici, je me bornerai à citer la consommation moyenne de houille par 100^k d'acier produit, et le temps que dure le chauffage, ces nombres étant les points de départ de tous les calculs.

La quantité de houille brûlée par 100^k d'acier produit est environ de 75 à 80 kil. La période de chauffage a une durée qui oscille entre sept et dix jours, suivant le degré de cémentation qu'on veut obtenir.

En dernier lieu, je crois bon de faire remarquer que le four à cémenter chauffé au gaz dont je donne ici la description n'a pas encore été mis en fonction, et que, par conséquent, l'expérience n'a pu encore sanctionner les prévisions que j'exprime dans ce mémoire, relativement à l'emploi du gaz pour le chauffage de ces fours.

N. B. L'emploi des gaz au chauffage du four à cémenter n'amène aucune modification dans les carneaux des caisses; il nécessite seulement une cheminée plus haute, afin d'avoir un tirage assez actif pour qu'on ne soit pas forcé de donner de trop grandes sections aux orifices d'introduction du gaz dans le foyer.

Je termine enfin ce travail par quelques mots sur les moyens de régler le chauffage à la houille et le chauffage au gaz.

DES MOYENS DE RÉGLER LE CHAUFFAGE A LA HOUILLE ET LE CHAUFFAGE AU GAZ.

Dans le chauffage à la houille des fours à cémenter, on n'utilise pas la cheminée pour régler le feu : un ouvrier, attentif à la marche du feu, dégage la grille avec un ringard dans les endroits où elle s'engorge quand il veut avoir une température élevée, et la laisse s'engorger plus ou moins, suivant qu'il veut diminuer plus ou moins l'activité du feu.

Cette méthode de régler le feu est générale dans le chauffage à la houille, et, en conséquence, la section de la cheminée à sa partie supérieure est toujours à peu près la même, quelle que soit la grandeur du four : en effet, la cheminée n'a, pour ainsi dire, dans ce cas, pour objet que d'assurer aux produits de la combustion un dégagement dans une direction déterminée.

Je crois qu'il serait bon de déroger à cet usage en donnant à la cheminée une section variable et convenable à chaque cas particulier, et en munissant sa partie supérieure d'une registre qui, en permettant de modifier le tirage à volonté, donnerait aussi la faculté de faire varier les différentes phases du feu dans des limites plus étendues, et rendrait moins minutieuse la surveillance qu'exige la conduite du feu.

Dans le chauffage au gaz, des valves à papillon permettent de régler l'écoulement des gaz et de l'air, et donnent un moyen commode de conduire le feu. On peut, d'ailleurs, comme dans le cas précédent, faciliter encore cette conduite au moyen d'une cheminée munie d'un registre.

La qualité de houille employée est généralement une houille tenant le milieu entre le caillette et le menu ; on la choisit, au-

tant que possible, exempte de sulfures, et, en général, de matières volatiles nuisibles à la qualité de l'acier.

LÉGENDE.

N. B. Les mêmes lettres indiquent les mêmes choses.

Enveloppe extérieure.

FIG. 1, *Coupe du four suivant la ligne* AB.

c Cheminée : épaisseur, 0m.30; hauteur totale, 10m; hauteur de la partie prismatique, 1m.50; diamètre du cercle inscrit au périmètre extérieur de sa base, 4m; diamètre du cercle inscrit au périmètre intérieur de la partie prismatique, 0m.50.

k' Porte de cheminée : largeur, 0m.60; hauteur, 1m.70.

d Massif : épaisseur autour des caisses, 1m.15.

e Cendrier : hauteur depuis le bas jusqu'au dessus du porte-barreau, 1m.40; diamètre de la voûte qui forme sa partie inférieure, 0m.75; largeur à sa partie supérieure, à la hauteur du porte-barreau, 0m.40.

f Trous des éprouvettes : 0m.15 sur 0m.15.

n Retraites pour l'établissement de la voûte des caisses et des cheminées : la plus grande est de 0m.25, l'autre de 0m.18.

g Trous servant au nettoyage du dessous des caisses : 0m.10 sur 0m.25.

o Retraite de 0m.20 pour la place de la chemise réfractaire du foyer.

h Porte de chargement : 0m.70 sur 0m.70.

i Plaque de fonte placée au dessus de la porte de chargement et supportant en cet endroit la cheminée : épaisseur, 0m.05; largeur, 0m.35; longueur, 1m.

k Gueulard : l'ouverture du gueulard a 0m.36 sur 0m.36.

l Béton : épaisseur, 0m.50.

t Base du four assise sur le béton : épaisseur, 0m.30.

m Grillage en écoins de chêne : épaisseur variable de 0m.10 à 0m.20.

Fig. 2. *Coupe du four suivant* VV, XX.

p Voûtes de travail : 2^{m}.20 de large ; piédroits, 2^{m}.20 de haut ; montée de 0^{m}.55.

v' Massif de 1^{m} d'épaisseur, divisant le cendrier en deux.

r Piédroits des voûtes de travail : épaisseur, 0^{m}.40.

s Autres piédroits accolés contre le four : épaisseur, 0^{m}.30.

y Projection de l'arc de cloître.

u Murs soutenant le terrain : épaisseur, 0^{m}.40.

q Escalier de service.

Fig. 3. *Élévation antérieure du four (les voûtes de travail supprimées).*

x Armatures : épaisseur des parties plates, 0^{m}.03 ; hauteur maximum des nervures, 0^{m}.12 ; épaisseur maximum des nervures, 0^{m}.03.

a Gueulard de la grille de secours : forme trapézoïdale ; petite base, 0^{m}.40 ; grande base, 0^{m}.50 ; hauteur, 0^{m}.20.

b Cailloux et scories : épaisseur, 0^{m}.60.

c' Argile : épaisseur, 0^{m}.60.

d' Terrain ordinaire.

e' Béton : épaisseur, 0^{m}.10 à 0^{m}.15.

f' Balustrade autour de l'escalier : hauteur, 1^{m}.20.

Fig. 4. *Plan du four.*

g' Ouvertures au-dessus du foyer pour la ventilation : 0.50 de large ; 0^{m}.25 de long ; elles sont armées en fonte épaisse de 0^{m}.02.

h' Ouvertures servant à jeter le combustible dans les voûtes du travail : 0^{m}.60 de diamètre ; elles sont armées en fonte épaisse de 0^{m}.02 à 0^{m}.25.

Fig. 5. *Coupe du four suivant la ligne* MM.

i' Maçonnerie voûtée diminuant la longueur du foyer de la grille de secours.

l' Tirants des armatures : diamètre, 0^{m}.030 à 0^{m}.035.

Appareil de combustion des gaz.

Fig. 6. *Plan de l'appareil à brûler le gaz (l'appareil étant en place).*

n' Appareil de combustion.

p' Tuyère.

o' Caisse à air : elle a 0m.50 sur 0m.50; la caisse à gaz a même dimension.

s' Tuyau d'amener d'air.

t' Tuyau à deux coudes amenant les gaz de la caisse à gaz *q* dans l'appareil *n'*.

Fig. 6 *bis*. *Élévation de l'appareil à brûler le gaz (l'appareil étant placé).*

a'a' valves régulatrices.

Fig. 7. *Appareil de combustion des gaz. Coupe* NN.

L'air arrive dans la tuyère *p'*, de là entre dans la tuyère aplatie qui se trouve au milieu de l'appareil, et s'échappe dans le foyer par une ouverture de 0m.008 sur 0m.20. Les gaz arrivent par deux tuyaux bicoudés *t'*, vont dans les compartiments de l'appareil qui sont placés de chaque côté de celui qui donne passage à l'air, et pénètrent dans le foyer par des sections égales et ayant 0m.065 sur 0m.20. Il est à remarquer que ces lames de gaz convergent de manière à se trouver rencontrées par la lame d'air sous les caisses, et à opérer en temps opportun un mélange convenable des gaz et de l'air. L'épaisseur de la fonte de l'appareil est de 0m.015.

Fig. 8. *Appareil vu par le bout w.*

Cette élévation montre les ouvertures qui donnent introduction au gaz et à l'air dans le foyer; elle fait voir aussi le moyen de relier l'appareil à gaz au gueulard du foyer, en les boulonnant l'un à l'autre par quatre boulons dont les trous sont indiqués sur cette élévation. (Il va sans dire que les joints sont lutés convenablement avant la marche.)

Fig. 9. *Appareil vu par le bout w'.*

Elle montre l'assemblage de la plaque qui sert à fermer l'appareil, plaque qui porte un trou de 0m.06 de diamètre pour l'introduction de l'air.

Fig. 10. *Valve à papillon servant de régulateur.*

v Boîtes à étoupes.

x' Valves.

Cette valve se place aux tuyaux d'amené de gaz et d'air un peu au dessus des caisses, afin d'être à la portée de l'homme chargé de la conduite du feu.

Caisses.

Fig. 11. *Coupe des caisses suivant* CD.

Cette coupe montre les carneaux qui se trouvent sous le fond des caisses et les plateaux qui forment ce fond.

La partie de l'enveloppe extérieure sur laquelle repose le fond des caisses est recouverte de deux assises de briques de 0m.06 d'épaisseur, sauf à l'endroit où passent les carneaux *j*, où il n'y a qu'une seule assise.

Sur cette première chemise réfractaire on pose des briques *d''* (de 0m.12 de large et 0m.20 de haut) et des briques *d''* (de même hauteur et de 0m.09 de large, déterminant des carneaux *h''*, *i''*, *k''*, (de 0m.10, 0m.12, 0m.13, 0m.06, de large). Ces carneaux correspondent avec le foyer, les premiers directement par des intervalles ménagés entre les briques cintrées *g''* formant la voûte du foyer, les autres par des trous biais pratiqués par moitié dans les briques *e''f''* posées sans intervalles et formant l'autre partie de la voûte du foyer. Les briques *e''* ont 0m.12 épaisseur, les briques *f''* ont 0m.18.

On garnit latéralement les carneaux *j* d'une enveloppe réfractaire *b'* en briques (de 0m.10, 0m.06 et 0m.25).

Ainsi se trouvent déterminés les carneaux placés sous le fond des caisses, qui se forme avec de grandes briques plates de 0m.10 d'épaisseur, que l'on appelle plateaux. On pose d'abord

une première assise, composée de neuf plateaux semblables au plateau $b''b''b''b''$, puis une autre assise composée de sept plateaux semblables à $m''m''m''m''$, et le fond de la caisse est fait.

Les plateaux placés, pour laisser aux carneaux du milieu qui les séparent leur grandeur primitive, on emploie des briques l'', qui ont une hauteur de $0^m.10$, une largeur de $0^m.08$, et une longueur variable et égale à l'intervalle qui sépare deux carneaux consécutifs.

FIG. 12. *Coupe des caisses suivant* R'S'.

Ayant établi le fond des caisses et les carneaux qui servent à son chauffage, on procède à l'établissement des caisses elles-mêmes.

On pose une première assise de briques de l'appareil ω ayant $0^m.08$ d'épaisseur; ces briques ainsi appareillées, on le voit, déterminent les caisses et les carneaux verticaux qui les entourent. (Ces carneaux sont au nombre de 33.)

Cela fait, on pose une deuxième assise de l'appareil ω' qui conserve les mêmes carneaux (on combine l'emploi des briques de cet appareil de manière à alterner les joints, cette alternance doit surtout avoir lieu pour l'intérieur des caisses, et c'est d'ailleurs une des conditions à remplir dans le tracé de l'appareil); puis on pose une assise ω, etc., ainsi de suite, en alternant toujours jusqu'à parfait achèvement des caisses; on a soin seulement de ménager à la hauteur voulue les trous des éprouvettes.

FIG. 13. *Coupe des caisses suivant* A'B', *indiquant la position du foyer par rapport aux caisses.*

FIG. 14. *Coupe en long des plateaux, indiquant leur assemblage dans le fond des caisses.*

MÉMOIRE N° XXV.

Construction des portes d'écluse au canal Saint-Denis,

PAR M. E. VUIGNER,

Ingénieur en chef au chemin de fer de Paris à Strasbourg.

Les portes d'écluse établies lors de la construction du canal Saint-Denis avaient vingt années d'existence en 1842, et, la plupart d'entre elles commençant à fléchir, il fallait songer au renouvellement des plus mauvaises, de celles qui présentaient le plus de détérioration et dont la rupture aurait pu déterminer les avaries les plus graves.

L'expérience ayant prouvé que le système admis pour l'établissement de ces portes laissait à désirer sous divers rapports, il était nécessaire de modifier ce système ou d'en admettre un autre plus convenable dans l'espèce.

Dans le système ancien (planche 19, fig. de 15 à 19), chaque vantail était composé d'un poteau tourillon, d'un poteau busqué et d'un certain nombre d'entretoises assemblées dans les poteaux de manière à former un châssis rectangulaire. Un bracon en bois formant l'éventail en écharpe de bas en haut servait à donner du roide à ce châssis; deux potelets intermédiaires aux entretoises inférieures déterminaient une ouverture de 70 centimètres de hauteur sur 60 centimètres de largeur pour l'emplacement d'une vantelle, et des madriers de 0m.06 d'épaisseur, allant d'une entretoise à l'autre, complétaient le plein du châssis, qui était rendu imperméable par le calfatage de tous les joints.

En outre des bourdonnières supérieures, des crapaudines inférieures et des garde-corps, les ferrures à chaque vantail étaient composées d'équerres simples ou doubles reliant les

entretoises avec le poteau tourillon et le poteau busqué, et d'une écharpe dans le sens opposé au bracon en bois.

Ne considérant que les portes d'aval, pour plus de clarté dans la description, nous ferons observer, quant aux dimensions des pièces de bois que nous venons d'indiquer, que l'épaisseur des entretoises intermédiaires était trop faible; et en effet, la majeure partie de ces entretoises avaient été remplacées, bien que les autres parties des vantails où l'on opérait ce remplacement se trouvassent encore en bon état de service.

Le système entrait aussi pour beaucoup, du reste, dans les causes de la détérioration de ces entretoises; car, si leur épaisseur était trop minime, les boulons qui les traversaient, les bracons et les potelets de crics qui les coupaient, les assemblages des poteaux de vantelle, et les entailles des bordages, venaient encore les affaiblir considérablement. Mais les inconvénients les plus graves inhérents à ce système de portes résultaient de la nécessité de faire des calfatages annuels pour conserver l'imperméabilité.

Ces calfatages souvent répétés attaquaient les assemblages et finissaient par les détériorer au point d'annuler toute la rigidité que chaque châssis présentait lors de sa construction.

Nous avions fait démonter déjà un certain nombre d'anciennes portes, et nous avions toujours remarqué que les poteaux tourillons, les poteaux busqués et les entretoises inférieures étaient assez bien conservés, mais que les entretoises intermédiaires, comme l'entretoise supérieure, étaient en complet état de vétusté, et que les détériorations les plus considérables existaient dans les tenons. Tous les assemblages étaient disjoints, et les pièces de bois n'étaient maintenues entre elles que par les ferrures. Il fallait obvier à ces inconvénients en établissant des portes neuves; et pour cela, des modifications notables étaient à apporter au système admis, si l'on ne parvenait pas à trouver un autre système plus convenable.

On était dans cette situation, lorsque M. Accolas proposa à la compagnie concessionnaire du canal Saint-Denis d'établir

une porte d'aval dans un système dont il se disait l'inventeur et pour lequel il était breveté. La compagnie consentit à cet essai aux risques et périls de M. Accolas, et ce dernier fit poser une porte d'aval à la cinquième écluse.

Un vice essentiel dans la disposition des poteaux busqués, vice que nous avions signalé à l'avance, occasionna la rupture de cette porte. Nous nous abstiendrons de tout détail sur le système suivi pour sa construction et sur sa rupture, attendu que l'un et l'autre furent l'objet d'une note particulière qui a été insérée dans les annales des ponts et chaussées (année 1834).

Pressé de rétablir instantanément une nouvelle porte d'aval, dont nous avions, du reste, fait préparer les bois à l'avance, nous apportâmes quelques modifications notables dans la construction de cette porte neuve.

Les poteaux busqués, les poteaux tourillons, ainsi que les entretoises supérieures et inférieures, furent conservés dans leurs formes et leurs dimensions, avec toutes leurs ferrures; mais les dimensions et l'espacement des entretoises intermédiaires furent complètement changés, de manière à les mettre dans les conditions voulues d'égale résistance. (Planche 19, fig. de 20 à 24.)

Les bracons en bois d'une seule pièce furent supprimés; ils furent remplacés par des bracons allant d'une entretoise à l'autre, assemblés sur ces entretoises dans des sabots en fonte et reliés ensemble par des plates-bandes, de manière à ne former ainsi qu'une seule et même pièce: des équerres en fonte y vinrent consolider les assemblages des poteaux tourillons et busqués avec les entretoises supérieure et inférieure; et enfin, au lieu de placer les bordages d'une entretoise à l'autre, on employa des madriers de toute la hauteur de la porte.

Il y avait déjà amélioration, car d'une part les entretoises intermédiaires n'étaient plus coupées par les bracons comme dans le premier système; elles présentaient plus de résistance que les anciennes, qui n'avaient qu'une épaisseur uniforme, et

elles se trouvaient dans les conditions d'égale résistance ; les assemblages principaux et les bordages d'une seule pièce dans la hauteur de la porte offraient une diminution considérable dans le nombre des joints, de sorte que les inconvénients du calfatage étaient notablement diminués.

Ces modifications ne satisfaisaient pas encore la compagnie concessionnaire du canal Saint-Denis ; elle voulait arriver à supprimer le calfatage annuel, travail tout à la fois dispendieux et funeste pour la solidité des portes. Il y eut à examiner si l'un des deux systèmes suivis par M. Poirée pour l'établissement des portes d'écluses du canal de Bourgogne et pour le projet des portes de l'écluse de Marly sur la Seine-Inférieure pouvait être appliqué sur le canal Saint-Denis.

Les dimensions des écluses de ce canal et l'activité des mouvements de la navigation firent penser qu'on ne pourrait y admettre le système suivi pour les portes d'écluses du canal de Bourgogne qu'en y apportant de notables modifications, et en rentrant alors dans le système suivi pour les portes des écluses de Marly. Mais la dépense devenait beaucoup trop considérable pour que la compagnie pût consentir à admettre ce système.

Il y avait en effet vingt paires de portes à remplacer sur le canal Saint-Denis, et chaque paire de portes devant revenir en moyenne à 30,000 fr., la dépense se fût élevée à 600,000 fr.

Il fallait chercher un système mixte, et voici celui qui fut définitivement admis pour le remplacement des anciennes portes d'écluses du canal Saint-Denis. (Fig. de 20 à 24.)

Le châssis en bois, composé pour chaque vantail de porte d'aval ou intermédiaire d'un poteau busqué, d'un poteau tourillon et de cinq entretoises, est conforme, quant aux dimensions et aux formes de ces diverses pièces, aux indications que nous avons déjà données ci-dessus sur les portes d'aval. Ce sont les mêmes équerres simples et doubles en fer forgé aux joints des entretoises avec les poteaux busqué et tourillon, et des équerres en fonte qui consolident les assemblages des entretoises supérieure et inférieure.

L'écharpe en fer forgé est aussi conservée; mais le bracon en bois est remplacé par trois portions de bracons en fonte reliées ensemble.

Sur la face d'amont, les madriers en bois formant les bordages sont remplacés par des feuilles de tôle de 0m.0045 d'épaisseur reliées par des rivets et fixées sur les entretoises et les poteaux avec des vis à bois. Un châssis en fer forgé forme l'encadrement des tôles et sert à les appuyer contre le bois, à leurs abouts horizontaux et verticaux; des feuilles de papier gris trempées dans du brai et intercalées entre les surfaces de jonction des tôles et des bois assurent l'imperméabilité du système.

Le châssis d'encadrement en fer forgé de 0m.009 est d'affleurement avec les parements visibles des poteaux busqués et tourillon et des entretoises supérieure et inférieure, de sorte que les tôles sont en arrière de ces parements visibles de la même quantité.

Les poteaux de vantelle n'ayant d'autre effet que de soutenir leurs châssis sont assemblés à plat-joint avec les entretoises auxquelles ils correspondent, et n'altèrent ainsi aucunement leur force.

La rainure dans laquelle manœuvraient les vantelles était formée dans l'ancien système par des pièces de fonte qui se logeaient de leur épaisseur dans le bois, ce qui était encore une cause de détérioration. Ces pièces en fonte ont été supprimées et remplacées par trois plaques de tôle superposées que de fortes vis à bois fixent sur les potelets et sur les trois entretoises inférieures, et qui sont disposées pour former les rainures.

Il y avait encore un inconvénient à éviter, c'était d'empêcher la détérioration des entretoises supérieures sur lesquelles passent constamment les mariniers et les hommes chargés du service des écluses.

On a obvié à cet inconvénient en changeant le système de garde-corps, et les disposant pour supporter un marche-pied de service qui met les entretoises supérieures à l'abri de tout contact.

En résumé, au moyen de ce système, les entretoises ne sont aucunement attaquées, les calfatages sont complétement supprimés, l'imperméabilité est plus assurée qu'avec l'emploi des bordages en bois, et la dépense n'est pas considérable, car chaque paire de portes ne revient en moyenne qu'à 6,000 fr.: la dépense de remplacement ne doit donc aller qu'à 120,000 francs, au lieu de 600,000 fr.

On avait eu la pensée de supprimer l'écharpe en fer et les bracons en fonte, attendu que la tôle remplit le même but; mais ils ont été conservés pour maintenir la rigidité de la porte dans le cas d'avarie faite à la tôle par le choc des bateaux sur la face d'amont, et pour diminuer les chances de ces chocs directs sur la face d'aval (1).

---

(1) Les portes du nouveau système ont aujourd'hui plus de neuf années d'existence, et l'on n'a remarqué jusqu'ici aucune disjonction dans les assemblages ni aucune détérioration dans les diverses parties constitutives; elles ont aussi conservé leur imperméabilité première. Le conseil général des ponts et chaussées a reconnu les avantages de ce système, car il l'a admis pour d'autres canaux du gouvernement, et notamment pour le canal de la Marne au Rhin.

Note sur la détérioration que subit la voie d'un chemin de fer, et des moyens à employer pour y remédier.

Extrait par M. L. YVART d'un rapport fait en 1849 au comité de direction du London and North-Western Railway par une commission formée de ses ingénieurs.

Les directeurs des chemins de Londres à Birmingham, Manchester, Liverpool, etc., s'inquiétant à juste titre de la détérioration que subit le matériel des voies proprement dit, chargèrent en 1848 une commission présidée par le capitaine Marc Huish de rechercher :

1° Quelle détérioration la voie avait subie à cette époque et combien de temps elle pourrait encore durer ;

2° Quelle serait pendant les trois premières années la valeur des remplacements à faire ;

3° Quels moyens il faudrait prendre pour diminuer l'importance de ces remplacements ;

4° Quelle est la valeur de la détérioration actuelle, et comment y parer en mettant la voie en rapport soit avec les conditions actuelles du trafic et de la vitesse, soit avec celles que l'on peut prévoir ;

5° Quelles améliorations l'on pourrait apporter dans les systèmes suivis pour l'entretien des voies ;

6° Enfin, quel changement l'on pourrait faire subir au gabarit et au poids des rails, aux coussinets et au système actuel des voies, de manière à en prolonger la durée et à diminuer la dépense à faire pour les remplacements.

Le but que se proposaient les directeurs était de rechercher si pour faire face à la détérioration du matériel des voies il n'y avait pas lieu de se créer un fonds de réserve, de manière à répartir sur toute la durée de la concession les dépenses nécessitées par le remplacement de la voie à un moment donné.

Nous avons mis de côté la question financière pour ne donner ici que les résultats des recherches de la Commission au point de vue de la destruction du matériel des voies et des moyens d'y remédier ou de l'atténuer le plus possible.

Au commencement de l'année 1849, M. Marc Huish a déposé son rapport, dans lequel les six questions qui avaient été posées à la Commission sont successivement traitées. Il les fait précéder de considérations générales ainsi conçues :

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Avant d'entrer dans les détails de ce rapport, nous appellerons l'attention du conseil sur l'énorme disproportion qui existe entre la force et la puissance de résistance des anciennes parties de notre voie avec la grandeur de l'effort que lui font supporter le trafic, qui va toujours en augmentant, l'accroissement continu de vitesse et de facilités demandé par le public, et cette malheureuse concurrence de vitesse qu'a engendrée la guerre des largeurs de voie en dépit des protestations réitérées des compagnies des chemins de fer à petite largeur de voie. Cette disproportion est devenue si énorme qu'à la première vue on peut croire, soit que les premiers calculs des ingénieurs n'étaient pas exacts, soit que les directeurs n'avaient pas bien réfléchi et n'avaient pas prévu les conséquences de l'emploi des lourdes machines, des marches à grande vitesse et de la multiplicité des trains, qui sont les seuls moyens que nous ayons de satisfaire l'impatience des voyageurs. Mais quand on étudie dans tous ses détails l'exploitation des grandes lignes de chemin de fer, il est évident que d'un côté aucun calcul abstrait ne pouvait embrasser les conditions d'une grande expérience de voies de communication, expérience toute nouvelle et inconnue dans tous ses détails, et que d'un autre côté les directeurs des chemins de fer ont été forcés de prendre des moyens extrêmes par suite de l'accroissement du trafic et des demandes inexo-

rables du Parlement et du public. On ne doit donc pas s'étonner qu'un ingénieur distingué ait long-temps insisté sur la grande économie qui résulte de l'emploi de rails considérés aujourd'hui comme très légers, et qu'un autre tout aussi éminent ait émis une théorie (basée sur l'état des rails après cinq années de service) d'après laquelle les rails d'une forme convenable peuvent durer plus de cent ans.

C'est sous l'influence de toutes ces circonstances et des exigences du trafic et de la concurrence, que le rail primitif ondulé tel qu'il était sur l'ancienne ligne de Liverpool à Manchester et pesant 17^{k}.35 par mètre courant a été porté à 30^{k}.75, puis à 32^{k}.23, à 35^{k}.70, à 37^{k}.19; enfin nos derniers rails pèsent 40^{k}.66 et même 42^{k}.15 par mètre courant. Mais long-temps avant que l'on ait adopté ces augmentations de poids, le nombre et le poids des machines et des trains avaient de beaucoup dépassé une proportion convenable par rapport à la puissance de résistance de la voie, et même de celle du fer, à moins qu'il ne soit fabriqué avec le plus grand soin.

Dans l'origine, les plus grandes machines (la *Fusée*, par exemple) pesaient avec le tender 7^{t}.57; aujourd'hui nous avons à Wolverton une machine qui pèse avec son tender 57^{t}.89. Le nombre des trains allant de Liverpool à la station de Manchester en vingt-quatre heures était d'abord de 26; actuellement il est de 90; les poids remorqueurs et les poids remorqués sont aussi beaucoup plus considérables.

Les tableaux suivants feront voir les progrès comparatifs de la puissance de la voie et de l'effort auquel elle est soumise par suite des charges et de la vitesse.

Puissance de la voie.	Liverpool à Manchester.		Grande Jonction.		Londres à Birmingham.	
	1831	1848.	1837	1848.	1837.	1848.
Poids des rails par mètre courant. .	17k.25	29k.75	32k.23	32k.23	37k.19	37k.19
Largeur des dés.	0m.91	de 0m.91 à 1m.52	1m.22	1m.22	1m.52	1m.22 et 0m.91
Poids du coussinet	6k.57	9k.97	9k.07	9k.07	11k.34	11k.34 et 12k.70
Cube des traverses	»	»	»	»	0mc.0848	0mc.0849
Cube des dés.	0mc.0849	0mc.0849	0mc.113	0mc.113	0mc.113	0mc.113
Effort.						
Nombre de trains montant ou descendant de la principale station extrême en 24 heures.	26	90	14	38	19	44
Poids moyen des machines.	t 7.11	t 15.59	t 15.59	t 17.42	t 12.54	t 18.94
Poids maximum des machines . . .	7.11	17.42	16.00	26.66	12.54	37.58
Vitesse moyenne des trains de marchandises (par heure)	kilom. 16.09	kilom. 31.58	kilom. 27.36	kilom. 32.38	kilom. 25.75	kilom. 32.19
Vitesse maximum des trains de marchandises (exceptle, par heure). .	19.31	48.19	32.19	48.19	33.80	51.41
Vitesse moyenne des trains de voyageurs (par heure).	27.36	46.58	32.19	48.19	32.19	48.19
Vitesse maximum des trains de voyageurs (par heure)	38.62	64.37	44.97	80.47	44.97	80.47
Poids moyen des voitures 1re classe.	t 3.55	t 4.57	t 4.06	t 4.98	t 3.71	t 4.57
Poids moyen des voitures 2e classe.	3.30	3.55	3.55	4.57	3.30	4.11
Poids moyen des voitures 3e classe.	3.05	3.15	3.15	3.91	2.54	3 37
Poids moyen des trains de voyageurs, avec tender et machine. .	18.28	71.10	60.94	71.10	58.91	77.19
Poids moyen des trains de marchandises, avec tender et machine . .	52.81	127.98	134.08	178.75	125.94	162.50

De sorte que pour un accroissement moyen dans le nombre des trains, qui était le suivant :

Augmentation pour	Liverpool à Manchester.	Grande Jonction.	Londres à Birmingham.
Les trains montant et descendant de la station principale	250 pour 100	170 pour 100	133 pour 100
Le poids des machines	114 —	14 —	33 —
Le poids des voitures.	30 —	21 —	18 —
La vitesse moyenne.	88 —	35 —	34 —
Le poids moyen des trains.	380 —	29 —	30 —

on a accru, jusqu'à ce jour, la puissance de résistance de la voie de la manière suivante :

Augmentation	Liverpool à Manchester.	Grande Jonction.	Londres à Birmingham.
Du poids des rails.	70 pour 100	0 pour 100	0 pour 100
Du poids des dés	0 —	0 —	0 —
Du poids des coussinets	33 —	0 —	0 —
De la base des traverses ou des dé..	0 —	0 —	0 —

Il est évident dès lors que, de même que l'ancienne locomotive faite pour un service qui a augmenté de toute manière a maintenant disparu, la vieille voie doit être aussi considérée comme une expérience, comme un outil qui n'est plus en rapport avec les exigences du trafic et les nécessités de l'époque.

Ces observations préliminaires une fois faites, nous allons examiner les questions qui ont été posées.

1re QUESTION.

Etat actuel de la voie.

Nous donnons ci-contre un tableau dans lequel sont consignés les résultats de nos recherches sur l'état des diverses parties de la voie depuis 1837.

Nous ferons remarquer qu'une certaine longueur de la voie (298k sur 705k) est nouvelle, puisqu'elle a été faite en rails lourds depuis le printemps de 1845 sur ces 298k, où l'on en a déjà remplacé 83k.

Toutes nos investigations nous ont démontré que la durée de nos anciens rails légers, tout à fait insuffisants (employés sur les parties les plus parcourues de notre ligne principale), posés sur des supports trop écartés et avec de petits coussinets, sera en moyenne d'au moins quinze ans; nous pensons donc que l'introduction sur 298k d'un rail plus lourd et d'une meilleure forme, posé sur des appuis également espacés, et plus solidement établi, donnera à notre voie (la voie principale entrant pour 60 pour 100 et les embranchements pour 40, sur lesquels embranchements le trafic est moindre) une durée moyenne d'au moins vingt ans; et, comme l'ensemble de notre voie a aujourd'hui en moyenne environ sept ans et demi d'existence, si nous les déduisons de ces vingt années que nous lui donnons pour durée totale, nous trouvons qu'elle peut encore servir pendant au moins douze ans et demi.

Voie.	Liverpool à Manchester.	Grande Jonction.	Chester à Crewe.	Bolton à Kenyon.	Trent Valley.	Manchester à Birmingham.	Embranchement de Macclesfield.	Londres à Birmingham.	Coventry à Leamington.	Northampton à Peterborough.	Aylesbury.	Bedford.	Dunstable.	Total.
	kilom.	kilom	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom	kilom.	kilom. simpl.	kilom.	kilom. simpl.	kilom.	kilom.	kilom.
Posée en 1837	10.86	123.93	»	0.80	»	«	»	135.96	»	»	»	»	»	271.56
— 1838	0.40	»	»	0.80	»	»	»	»	»	»	11.27	»	»	12.47
— 1839	1.21	»	33.20	0.40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	35.41
— 1840	0.80	»	»	0.80	»	4.83	»	»	»	»	»	»	»	6.43
— 1841	»	»	»	1.61	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1.61
— 1842	18.10	»	»	2.41	»	45.06	»	»	»	»	»	»	»	65.57
— 1843	3.22	»	»	1.61	«	»	»	»	»	»	»	»	»	4.83
— 1844	2.01	»	»	0.40	»	»	»	»	14.08	»	»	»	»	16.49
— 1845	1.61	»	»	»	»	»	7.24	6.44	»	41.84	»	»	»	57.13
— 1846	3.62	1.61	»	2.41	»	»	7.24	21.79	»	34.20	»	26.55	»	96.95
— 1847	6.04	2.44	0.40	2.31	79.66	»	»	4.04	»	»	»	»	10.86	106.20
— 1848	4.02	11.27	0.40	1.61	»	»	»	12.87	»	»	»	»	»	30.17
Total.	51.49	139.21	34.60	15.66	79.66	49.89	14.48	181.03	14.08	76.04	11.27	26.55	10.86	704.82
Trav. ou dés de 1.52	21.72	»	»	»	»	«	»	17.29	»	»	»	»	»	39.01
— — 1.28	»	139.21	»	10.86	»	»	»	1.61	»	»	8.96	»	»	160.54
— — 1.14	20.92	»	»	»	»	»	»	88.91	»	71.62	0.80	»	»	182.25
— — 1.07	»	»	34.60	»	»	»	»	24.94	14.08	2.01	1.61	»	»	77.24
— — 0.91	8.85	»	»	4.80	79.66	49.89	14.48	48.28	»	2.41	»	26.55	10.86	245.78
Total.	51.49	139.21	34.60	15.66	79.66	49.89	14.48	181.03	14.08	76.04	11.27	26.55	10.86	704.82
Total de traverses.	32.59	39.01	34.60	15.66	79.66	49.89	14.48	115.96	14.08	76.04	11.27	26.55	10.86	520.55
Total de dés . . .	18.90	100.20	»	»	«	»	»	65.17	»	»	»	»	»	184.27
Total.	51.49	139.21	34.60	15.66	79.66	49.89	14.48	181.03	14.08	76.04	11.27	26.55	10.86	704.82
Rails de 27.20	8.45	»	33.80	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	42.25
— 30.75	1.61	32.19	»	3.21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	37.01
— 32.23	»	86.69	»	4.01	»	49.89	14.48	»	»	»	8.85	»	0.80	163.72
— 34.71	7.24	6.44	»	»	»	»	»	»	»	»	»	26.55	10.06	50.29
— 35.20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	76.04	»	»	»	76.04
— 35.70	»	»	»	»	32.19	»	»	»	»	»	»	»	»	32.19
— 37.19	30.57	4.83	»	6.03	47.47	»	»	138.41	14.08	»	2.42	»	»	243.81
— 40.66	»	»	»	»	»	»	»	42.62	»	»	»	»	»	42.62
— 42.15	3.62	10.06	0.80	2.41	»	»	»	»	»	»	»	»	»	16.89
Total.	51.49	139.21	34.60	15.66	79.66	49.89	14.48	181.03	14.08	76.04	11.27	26.55	10.86	704.82

2e QUESTION.

Remplacements à faire en 1849, 1850 *et* 1851.

Nous ferons remarquer que la véritable économie consiste à maintenir constamment la voie dans un bon état d'entretien, parce que l'action continuelle des trains non seulement la détériore plus rapidement quand elle est dans des conditions mauvaises ou même simplement passables, mais encore parce qu'elle augmente dans une grande proportion l'usure et la destruction du matériel roulant.

Il est de la plus haute importance que les rails soient bien de niveau, que les coussinets soient bien solidement ajustés et que les traverses ou les dés soient bien fixés dans le sol et bien de niveau. Quand toutes ces conditions ne sont pas remplies (et l'on conçoit que plus le chemin a d'ancienneté plus il est difficile de les remplir), les rails se cassent souvent, les traverses sont très fatiguées et le ballast est chassé de dessous la base des dez ou des traverses. Il est dès lors évident que, dans cet état de choses, les entrepreneurs de l'entretien de la voie et la compagnie perdent tous les deux. Comme preuve de ce résultat et du rapide accroissement d'usure qui se manifeste forcément dans les parties anciennes ou plus faibles de la voie, nous donnons le tableau suivant, qui indique le nombre de rails brisés par mois depuis juin 1848 sur la ligne principale dans la division du Southern :

Rails brisés	dans le mois de	juin 1848 sur la division du Southern. . .	1
Id.	juillet	Id.	2
Id.	août	Id.	1
Id.	septembre	Id.	2
Id.	octobre	Id.	4
Id.	novembre	Id.	3
Id.	décembre	Id.	1
Id.	janvier 1849	Id.	5
Id.	février	Id.	8
		Total	27

De plus, le nombre de rails transportés pour remplacer ceux qui étaient écrasés, courbés, laminés ou brisés sur la même ligne en 1848, s'est accru comme on le voit dans le tableau suivant :

Dans les trois mois complétés le 31 mars 1848, sur le Southern, division de la ligne de Londres à Birgmingham. . .	130
Dans les trois mois complétés au 30 juin.	214
— — — 29 septembre. . . .	280
— — — 31 décembre. . . .	450

La consommation des coins sur le district compris entre Rugby et Birmingham, où les rails sont bien conservés, a été en 1848, de 435 par kilomètre.

La consommation sur le district compris entre King's Langley et Wolverton, où la voie est en moins bon état, a été dans la même période de 1123 par kilomètre.

Les mêmes résultats ont lieu pour tous les matériaux employés.

Il est donc évident (en ne perdant pas de vue que l'ancienne voie n'est pas en rapport avec les efforts qu'elle doit supporter aujourd'hui) que, si la compagnie faisait elle-même l'entretien, il y aurait une véritable économie pour elle à remplacer des matériaux qui ne sont pas complétement hors de service et dont l'entretien est encore possible. Il est donc certainement de son intérêt de remplacer la voie avant qu'elle n'ait entièrement perdu les conditions de la résistance. Un seul accident pourrait causer des pertes plus grandes que le bénéfice que l'on fait en retardant quelque temps le remplacement de la voie, et les 300 fr. ou les 500 fr. par kilomètre qu'on pourrait gagner par une ou deux années de retard s'ajouteraient bientôt à nos dépenses annuelles sous forme d'augmentation dans la réparation des machines, des voitures et des wagons.

Nous proposons donc de faire les remplacements comme l'indique le tableau ci-dessous, en les exécutant à des époques convenablement choisies dans les années 1849, 1850 et 1851. Hâtons-nous de dire que, dans notre opinion, c'est le renouvel-

lement le plus grand que puisse exiger la voie d'après les circonstances actuelles de circulation et de vitesse, et nous avons le ferme espoir que les changements que nous vous proposons, et que les perfectionnements que nous conseillerons d'apporter dans l'entretien, diminueront beaucoup la nécessité même de la totalité de cette dépense.

LIGNES	NOMBRE DE KILOMÈTRES A REMPLACER		
	en 1849	en 1850	en 1851
	kilom.	kilom.	kilom.
Manchester à Liverpool.	8.05	4.83	16.09
Grande-Jonction	14.48	17.70	32.19
Chester à Crewe	pas	pas	pas
Trente-Valley.	»	»	»
Bolton à Kenyon	1.61	»	»
Manchester à Birmingham . . .	0.40	»	8,05
Embranchement de Macclesfield.	pas	»	pas
Londres à Birmingham.	22.53	22.53	22.53
Coventry à Leamington.	pas	pas	pas
Northampton à Peterborough .	»	»	»
Embranchement d'Aylesbury. .	»	»	»
Embranchement de Bedford . .	»	»	»
Embranchement de Dunstable.	»	»	»
Nombre total de kilomètres. . .	47.07	45.06	78.86

3e QUESTION.

Moyens de conserver la voie en bon état.

Les seuls moyens qu'on puisse employer pour prolonger la durée des parties plus faibles de la voie sont de diminuer la distance entre les supports quand les rails sont légers et les supports trop peu nombreux, de fortifier les joints au moyen d'un coussinet plus large posé sur une traverse plus forte et de réduire la vitesse ou de proscrire les machines trop lourdes.

Nous recommandons d'augmenter le nombre des traverses

et de changer les coussinets comme il est dit dans le tableau ci-dessous, en laissant à la décision de M. Lock et à la responsabilité de l'entrepreneur le soin de remplacer ces parties de voie quand ils le jugeront convenable. Du reste, ces parties ne sont pas comprises dans le tableau précédent.

LIGNES	Kilomètres à fortifier	CE QU'ON DOIT FAIRE	DÉPENSE
	k		fr.
Chester à Crewe. . . .	32,99	Ajouter 8 traverses pour chaque rail de 4m.57	292,950.00
Liverpool à Manchester	8,63	Id id id.	57,475.00

Ces modifications ont pour but de prolonger de sept ans au moins la durée de la voie en la rendant plus résistante.

On ne peut plus contester maintenant que l'effet produit sur les rails et sur les autres parties de la voie par l'augmentation de poids et de vitesse des machines et des trains ne soit très sensible; l'unanimité de ceux qui sont chargés de l'entretien prouve que la détérioration de la voie a augmenté très rapidement depuis l'époque de l'emploi des machines lourdes; il ne faut pas oublier non plus l'âge actuel de la voie, qui doit être pour beaucoup dans la diminution de sa puissance.

Relativement à la détérioration plus ou moins grande causée aux rails par le poids et la vitesse, il y a des opinions différentes, mais tout le monde admet qu'elle est très considérable par suite du poids aussi bien que de la vitesse. Le public ne consentira jamais à une diminution de vitesse, et cependant ce serait le véritable moyen d'apporter de l'économie dans l'exploitation : car on ne peut douter un instant que l'excédant de dépense causé par la grande vitesse des express n'est nullement compensé par l'excédant de prix dont les places de ces trains sont grevées. Et cependant le public, profitant seul des avantages de cette vitesse de circulation, devrait bien supporter les

charges, et ne pas les laisser tout entières au compte des compagnies.

Nous pensons donc qu'il n'y a pas à compter sur une diminution dans la vitesse ni dans le nombre des trains, à moins que les directeurs ne veulent s'exposer aux plaintes du public. Le seul moyen pratique de diminuer la détérioration causée à la voie par la vitesse est de diminuer autant que possible le poids excessif qu'on lui fait supporter, et d'employer des machines plus légères pour les trains en quelque sorte de localité, et, sur les embranchements, de composer des trains avec des voitures plus petites, de forcer les voyageurs à changer de voitures aux embranchements, au lieu d'accrocher la voiture elle-même au train ; d'avoir moins de voitures, en les remplissant le mieux possible, et de diminuer, s'il est possible, le nombre des trains de voyageurs, de manière à avoir des machines toujours bien chargées.

Pendant que nous nous occupons de ces détails, nous dirons que nous regardons comme de la plus haute importance de faire promptement un grand usage du télégraphe électrique. Outre la sécurité qui en résulte pour le service de l'exploitation, dans le cas de la marche des machines-pilotes et des doubles trains partant des bifurcations des embranchements (les trains extraordinaires passant souvent 5 minutes seulement avant l'arrivée d'un train en retard, parce qu'on ne connaît pas la position du dernier), nous pensons qu'il est impossible de régulariser la distribution du matériel roulant sur les grandes lignes de chemin de fer, si l'on n'a pas le moyen de faire communiquer les stations entre elles, moyen que donne le télégraphe. Il y a lieu de regretter qu'un si grand nombre de kilomètres soit parcouru sur les différentes sections des lignes de la compagnie par le matériel roulant sans rapporter de bénéfice. On ne peut évidemment éviter cette perte qu'en partie ; mais elle serait bien moins forte si l'on faisait un grand usage du télégraphe : car on n'entraînerait pas avec soi des voitures vides en prévision des exigences des stations que l'on doit tra-

verser. Le télégraphe indiquerait exactement ce que l'on devrait faire à ce sujet.

Nous donnons à l'appui de ce fait le tableau suivant, qui indique le nombre moyen de places de chacune des voitures de la compagnie et le nombre moyen de voyageurs qu'elles transportent :

VOITURES	Nombre moyen des places	Nombre moyen des voyageurs
1re Classe.	18	7
2e Classe.	25	13
3e Classe.	32	21

En diminuant le nombre des trains de voyageurs, nous donnerons plus de facilité pour la traction des lourds trains de marchandises qu'on est souvent obligé de remorquer, surtout dans la division du Southern, à des vitesses de 40 et même de 48 kilomètres à l'heure (quoiqu'elles ne doivent être que de 32 kilomètres), ce qui fatigue excessivement la voie. Ce transport des marchandises pouvant évidemment prendre plus d'extension que celui des voyageurs, et nos recettes du fait des marchandises allant en augmentant, il devient de plus en plus important de réduire la vitesse de ces trains, qui doivent être remorqués par des machines très puissantes et d'un grand poids.

En marchant à des vitesses de 24 ou de 28 kilomètres à l'heure, les machines ont sur la voie un effet destructeur peu important, tandis que quand elles marchent à des vitesses doubles la détérioration de la voie est énorme.

Quant aux lourdes machines, les ingénieurs de la voie et tout naturellement les entrepreneurs de l'entretien se sont souvent plaints amèrement du poids de certaines d'entres elles qui circulent sur les lignes de la Grande-Jonction et de Londres à Birmingham, et sur leurs embranchements, depuis les dix-huit derniers mois.

Les machines dont on se plaint sont les suivantes :

MACHINES	Grande-Jonction		Londres à Birmingham	
	Poids de la machine	Poids du tender chargé	Poids de la machine	Poids du tender chargé
	t.	t.	t.	t.
Cornwall	26.66	11.17	»	»
Vélocipède	22.85	9.14	»	»
Courier	21.84	9.14	»	»
N° 233 (Liverpool)	»	»	35.54	21.73
» 207 (Id.)	»	»	32.04	17.06
» 200 (Crumpton S')	»	»	26.41	18.79
» 32 (Manchester à Birmingham)	»	»	25.70	16.81
» 210 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 212 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 215 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 217 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 219 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 224 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 228 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 229 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 232 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 238 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 240 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 242 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 211 (Id.)	»	»	25 70	16.81
» 213 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 218 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 214 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 216 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 220 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 223 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 225 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 230 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 234 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 236 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 241 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 243 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 12 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 18 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 67 (Id.)	»	»	25.70	16.81
» 75 (Id.)	»	»	25.70	16.81

Au sujet de quelques unes de ces machines, les ingénieurs du matériel ont dit :

1° Que celles qui circulent sur la division du Northern, et quelques unes de celles qui marchent sur les divisions du Southern, ont été faites seulement pour résoudre certaines questions relatives à la voie étroite et pour opposer des résultats à ceux de la voie large ;

2° Que les autres ont été construites exprès pour le service qu'elles font, et qu'elles sont plus économiques pour remorquer les lourds trains de marchandises que des machines plus petites, qui nécessitent des trains plus nombreux.

Cette dernière raison est importante, quand on considère isolément et d'une manière absolue la traction d'un train; mais il faut considérer tous les éléments de la dépense qui en est la conséquence pour apprécier l'exploitation d'un chemin de fer et pour éviter de faire dans un service une économie qui n'est qu'apparente, si elle augmente beaucoup la dépense dans un autre service. D'un autre côté, on ne peut nier que l'introduction de machines plus lourdes n'ait permis de donner au service une plus grande régularité.

Quant aux expériences sur la vitesse, les discussions qui les ont motivées sont heureusement terminées et ne se renouvelleront plus, il faut l'espérer. Il n'y a donc plus de motifs qui empêchent de mettre de côté, au moins momentanément, les machines telles que le Cornwall, la machine de Crampton et le Liverpool, et de les y laisser jusqu'à ce que, par suite de l'adoption d'un système convenable de voie, il devienne économique de les employer, ce qui est loin d'avoir lieu actuellement.

4e QUESTION.

Valeur de la détérioration actuelle.

L'usure de la voie est plus lente, plus égale que celle du matériel roulant, et, malgré l'entretien ordinaire, à la longue la voie cesse d'avoir la valeur de résistance voulue, quoique beaucoup des vieilles traverses, des vieux coussinets et des vieux rails puissent encore être employés dans les renouvellements et qu'une quantité importante de matériaux entièrement neufs soient introduits dans le cours ordinaire de l'entretien.

« Cependant l'usure et la destruction des rails ont été con-
» sidérées pendant long-temps comme si peu de chose, que la
» question du renouvellement n'avait jamais préoccupé per-
» sonne. L'expérience a prouvé qu'avec les vitesses et les char-
» ges actuelles des trains, la durée des rails ne peut aller au-
» delà de vingt ans ou au plus de trente ans. Car il *faut bien*
» remarquer qu'ils ne peuvent se réparer. Ils s'usent tous en-
» semble autant les uns que les autres; la destruction de cha-
» cun d'eux se fait en même temps et au même degré, ou à
» peu près, les différences ne tenant qu'aux natures différen-
» tes des fers : par conséquent ils seront tous usés à peu près à
» la même époque. »

L'entretien ordinaire ne fait que retarder les progrès de la destruction. Un bon état d'entretien, des soins continus et un travail qui va toujours en augmentant prolongeront la durée des voies, mais ne pourront pas les perpétuer. Au fur et à mesure que les voies prennent de l'âge, on voit croître rapidement l'importance des renouvellements. Aussi nous avons compris dans le tableau suivant la valeur des matériaux neufs employés sur la ligne de Londres à Birmingham pendant les années 1846, 1847 et 1848.

Années.	Rails.	Coussinets	Traverses.	Chevilles et coins.	Transport de matériaux et de ballast.	Total.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1846	6,300	6,925	45 975	30,250	27,400	116,850
1847	15,825	8,250	50,925	42.200	23,925	141,125
1848	16,675	2,725	83,550	46,125	38,125	187,200
Total.	38,800 (A)	17,900	180.450	118,575	89,450	445 175

La valeur des mêmes matériaux neufs employés dans la voie sur la section de Manchester à Birmingham, où la ligne est plus nouvelle que celle de Londres à Birmingham, a été :

Années.	Rails.	Coussinets	Traverses.	Chevilles et coins.	Ballast.	Total.
1846	On n'a pas de données pour ces deux années.					
1847						
	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.
1848	6.925	5,875	1,650	125	»	14 575

Sur la section de la Grande-Jonction, les entrepreneurs de l'entretien sont chargés du remplacement de tous les matériaux, même des rails et des coussinets, des réparations et du renouvellement pour tous les travaux sur la ligne et dans les stations, excepté pour les bâtiments, les chemins d'accès et les quais de chargement; ils doivent aussi remplacer telles parties de la ligne qu'il peut être nécessaire de renouveler pendant la durée de leur contrat. On paie par kilomètre une

(A) Ce prix ne représente pas des rails tous neufs, mais celui des meilleurs rails choisis parmi ceux qui ont été enlevés de la voie lors de poses nouvelles complètes, et dont on a estimé la valeur réelle.

somme annuelle de 2,563 fr. 70 c. sur la ligne de la Grande-Jonction et sur celle de Chester, et de 4,039 fr. 78 c. sur la ligne de Liverpool à Manchester. La compagnie a aussi, sur cette section, compris dans son marché le remplacement de tout ce qui se détériore, même des rails et des coussinets. Tous les semestres, elle a payé à l'entrepreneur, en sus de la somme allouée pour l'entretien ordinaire, une somme supplémentaire pour parer à la destruction définitive des traverses, des coins, des chevilles, du ballast et des autres matériaux et ouvrages.

En estimant le chiffre de ce supplément à 699 fr. 20 c. par kilomètre et par an sur la ligne de la Grande-Jonction et sur celle de Chester, et à 1,553 fr. 75 c. sur la ligne de Liverpool à Manchester, nous aurons par an, pour faire face à la détérioration, une somme totale de 197,000 fr.

Les faits cités ci-dessus expliquent pourquoi l'entretien de la voie coûte ordinairement à la compagnie du London and North Western railway, en moyenne, environ 3,107 fr. 52 c. par kilomètre et par an, pour un développement de ligne de 705 kilomètres, tandis que, dans les comptes de quelques autres compagnies, les mêmes travaux présentent une moyenne de 1,398 fr. 38 c. à 1,864 fr. 51 c. par kilomètre.

Cette différence apparente tient à des revirements de sommes nécessités par la différence des méthodes suivies dans la comptabilité.

Nous regrettons, sans en être étonnés, qu'aucun mode régulier pour observer et consigner les progrès de la détérioration n'ait été généralement adopté sur les chemins de fer anglais. On a rassemblé çà et là quelques statistiques isolées; mais il n'y a aucune règle fixe pour calculer la valeur de la destruction qui devrait entrer dans les frais d'exploitation, et personne n'a jusqu'à présent de formule pour fixer exactement ce qui doit tous les ans être mis en réserve pour faire face à la détérioration.

M. Belpaire, dans son *Traité des dépenses d'exploitation des*

chemins de fer belges, estime que la durée moyenne d'un rail, quand le trafic annuel moyen nécessite 3,000 trains, composés chacun d'une machine avec son tender et de 11 voitures ou wagons, avec une charge moyenne de 20 tonnes, est de 120 ans, et il en conclut que la cent-vingtième partie de la valeur des rails doit être mise de côté tous les ans pour faire face à la détérioration annuelle. Calculant pour une longue période, d'après une expérience de huit à neuf ans, et d'après une moyenne résultant d'un mode particulier d'exploitation, il en conclut que la détérioration annuelle pour un myriamètre de voie est la suivante :

Rails.	122 fr. 65 c.
Coussinets.	206 40
Chevilles et coins. .	60 90
Total. . .	389 fr. 95 c. par myriamètre et par an, ou 39 fr. par kilomètre et par an.

Quant aux traverses, M. Belpaire dit que, sur la ligne de Bruxelles à Malines, où elles ont été placées en 1834 et 1835, elles étaient presque entièrement renouvelées en 1842. Il ajoute néanmoins que ce n'est pas le cas ordinaire; qu'une grande quantité des autres traverses, et surtout celles qui sont en chêne et préparées, sur d'autres lignes, sont placées depuis plus long-temps, et auront probablement une durée de vingt-quatre ans.

La durée moyenne des traverses sur les chemins de fer belges (en y comprenant celles de la ligne de Malines) serait, d'après lui, de douze ans au moins.

Les chemins de fer belges sont, du reste, exploités tout autrement que les nôtres, et ces calculs ne peuvent nous servir que pour ce qui a trait à la durée des traverses.

Faute de faits réunis avec soin, nous sommes forcés de supposer que la durée des matériaux de la voie sera la même, en faisant la part de l'accroissement de poids, d'assiette et de puis-

sance de résistance, que celle de ces matériaux qui ont été retirés des parties anciennes de nos propres lignes.

Nos anciens rails et coussinets, qui étaient légers sur les lignes principales, ont duré en moyenne quinze ans. Le plus grand nombre de nos dés en pierre sont aussi bons que le premier jour. Nos traverses non préparées ont duré environ dix ans, et nos traverses imprégnées de créosote (celles, par exemple, qui depuis neuf ans sont sur la ligne de Manchester à Birmingham) sont, dans la plupart des cas, aussi saines que le jour où elles ont été mises en place. Quoique beaucoup de nos anciens rails aient déjà disparu, il en reste encore un certain nombre de kilomètres qui sont condamnés, et que nous devons enlever, parce qu'ils sont trop faibles pour l'effort qu'on leur fait supporter; environ un sur neuf de ceux qui ont été enlevés sur les parties les plus mauvaises de la ligne, entre Londres et Boxmor, ont été de nouveau employés dans des renouvellements partiels. Cette coïncidence d'usure et de faiblesse de nos rails ne se présentera plus, il faut l'espérer. Nos rails et nos coussinets nouveau modèle, sans modifications de gabarit, mais avec une augmentation de poids de 30 pour 100, peuvent très bien durer au moins vingt ans dans notre système actuel, en supposant, en vingt-quatre heures, sur la ligne principale, une moyenne de 50 trains, et sur les embranchements, une de 18 trains.

D'après cela, on peut chercher à se rendre compte de l'importance de la détérioration annuelle d'une voie.

Les traverses se détruiront également sur la ligne principale et sur les embranchements; et nous pensons qu'en les préparant convenablement, on pourra leur donner une durée moyenne de vingt ans au moins. Nous ferons donc deux estimations de la valeur de la détérioration de la voie, l'une basée sur une existence de vingt ans, et l'autre basée sur une existence de douze ans.

Le prix brut d'un kilomètre de voie posé en rails de 40^{k}.66, avec de forts coussinets et des traverses bien imprégnées de

créosote (voir l'estimation A), est de 36,502 fr.; il faut ajouter à cela les deux tiers du prix des traverses pour pouvoir les renouveler, soit 10,633 fr., ce qui fait en tout un prix de 47,135 fr. pour une période de vingt ans.

Le prix brut d'un kilomètre sur les embranchements posé en rails de 35k.70, avec des traverses imprégnées de créosote (voir l'estimation B), est de 31,749 fr., auquel il faut ajouter les

---

ESTIMATION A.

Pour 1 kilomètre.

		fr. c.		fr. c.
162t.756	de rails rendus à Birmingham,	à 160 »	la tonne.	26 040 96
57 .406	de coussinets id.	à 113 84	id.	6,535 10
220t.162	transportées sur la voie,	à 6 15	id.	1,354 »
365	traverses de joint.	12 50	la pièce. 4,567 50	
1821	id. intermédiaires	6 25	id. 11,381 25	
		Total. . . .	15.948 75	15 948 75
Pose, y compris les chevillettes et les coins, 6 fr. 83 le mètre courant. .				6,830 »
			Total. . . .	56,708 81
A déduire pour vieux rails . . .	162t.756	à 110 77	la tonne 18.028 48	
Id. pour vieux coussinets	57 .406	à 61 54	id. 3 532 77	
Total. . . .	220t.162		21,561 25	
Dont il faut retrancher le coltinage, à 6 fr. 15 c. la tonne .			1 354 »	
		Reste à déduire. . . .	20,207 25	20,207 25
		Prix d'un kilomètre de voie posé. . . .		36,501 56

ESTIMATION B.

Pour 1 kilomètre.

		fr. c.		fr. c.
143t.200	de rails rendus à Birmingham,	à 160 »	la tonne.	22,912 »
37 .850	de coussinets id.	à 113 84	id.	4,308 84
181t.050	transportées sur la voie,	à 6 15	id.	1,113 36
2186	traverses	à 6 25	la pièce.	13,662 50
Pose, y compris les chevillettes et les coins.		à 6 83	le mètre courant. . .	6,830 »
			Total . . .	48.826 70
		fr.	fr.	
A déduire pour vieux rails . . .	143t.200	à 110 77	la tonne 15 862 26	
Id. pour vieux coussinets.	37 .850	à 61 54	id. 2,329 29	
Total. . . .	181t.050		18,191 55	
Dont il faut retrancher le coltinage, à 6 fr 15 c.. la tonne . .			1,113 36	
		Reste à déduire. . . .	17,078 19	17,078 19
			Reste	31,748 51

deux tiers du prix des traverses pour leur renouvellement, soit 9,108 fr., ce qui fait en tout un prix de 40,857 fr. pour une période de vingt ans.

De ces deux sommes il faudrait déduire la valeur des nouveaux matériaux remplacés annuellement par le fait des réparations ordinaires, soit 388 fr. par kilomètre et par an; mais nous n'avons pas fait de déductions pour ce fait, et nous avons compté tous les matériaux enlevés au prix de vieux matériaux.

Passons maintenant à la ligne de la Grande-Jonction, sur laquelle toute déterioration, excepté celle des rails et des coussinets, est à la charge de l'entrepreneur. Dans ce cas, le prix brut de renouvellement d'un kilomètre de voie en rails de 42ᵏ.15 par mètre courant, posés sur de forts coussinets (voir l'estimation C), pour une période de vingt ans, est de 12,685 fr.

Le prix brut du renouvellement, ou l'équivalent de la destruction ou de la détérioration une fois trouvé, on peut chercher à établir un fonds de réserve, qui s'accumulerait pendant que la voie se détruit, et qui serait alors réellement en rapport avec la valeur du renouvellement. En considérant cette réserve comme une garantie que la prudence dit d'accumuler pour faire face à un danger qui se prépare pour la fin d'une période de

---

ESTIMATION C.

Pour 1 kilomètre.

	fr. c.		fr. c.
168ᵗ 434 de rails rendus à Wolverhampton, à	160 »	la tonne.	26,948 80
57.406 de coussinets id.	à 113 84	id.	6,535 10
225ᵗ.840 transportées à une distance moyenne de 48ᵏ.279, à 3 f. 8 c. la t.			695 59
		Total. . . .	34 179 49

	fr.		fr.
A déduire pour vieux rails . . . 168ᵗ.434,	à 110 77	la tonne	18,657 43
Id. id. coussinets 57.406,	à 61 54	id.	3,532 77
Total. . . . 225ᵗ.840			22,190 20
Dont il faut retrancher le transport, à 3 fr. 8 c. la tonne. . .			695 59
		Reste à déduire. . . .	21,494 61 21,494 61
		Reste	12,684 88

vingt ans, et non pas comme un fonds pour le paiement d'une dette annuelle ou semestrielle, nous sommes convaincus que nous suivons un bon principe commercial; c'est l'oubli de ce principe qui a été cause que les estimations précédentes des conditions de détérioration sont si fortes. En établissant cette réserve, il ne faut pas oublier la différence qu'il y a entre un fonds d'amortissement et un fonds qui se grossit et s'accroit pour ensuite être employé au renouvellement de la voie. Ainsi, supposons que la durée des rails soit de vingt ans et celle des traverses de douze à vingt ans, la question à résoudre dans ce cas est celle-ci :

Quelle somme placée à intérêts composés produira la valeur primitive ou moyenne au bout de la période d'existence de la voie (*a*)?

Pour produire une somme de 25,000 fr. au bout de vingt ans, il suffit d'ajouter tous les ans une somme de 796 fr. 90 c. placée à intérêts composés à 4 1/2 pour 100, ou une somme de 763 fr. 39 c., en supposant qu'on ajoute les deux tiers de la somme annuelle au 1er janvier et l'autre tiers au 1er juillet, tandis qu'en agissant d'après l'autre principe, la somme an-

---

(*a*) *Note du traducteur.*

Pour résoudre cette question, on emploie la formule :

$$a\frac{(1+t)^m-1}{t}(1+t),$$

dans laquelle

S est la somme cherchée,

a la somme qu'il faut mettre tous les ans de côté au 1er janvier;

m le nombre d'années sur lequel on opère;

t ce que rapporte 1 fr. au bout d'un an.

Si l'on suppose qu'on place deux tiers de la somme au 1er janvier et un tiers au 1er juillet, et que ce dernier tiers soit placé à intérêt simple pendant les six derniers mois de la première et de la dernière année, comme cela se fait ordinairement, la formule à employer sera :

$$S=a\frac{(1+t)^m-1}{t}\left(1+\frac{5}{6}t\right).$$

nuelle qu'on doit mettre en réserve serait de 25,000 fr. divisée en vingt ans, soit 1,250 fr., auxquels il faut encore ajouter les arrérages de l'intérêt.

Ainsi, en formant constamment un fonds qui s'accroît, on peut économiser près de deux cinquièmes du prix de renouvellement, non pas à cause des sommes prélevées annuellement ou semestriellement, mais bien à cause d'un intérêt convenable de ces sommes, qui s'augmente toujours. Ce système, qui sert de base aux calculs des opérations de toutes les sociétés d'assurance sur la vie, diminuera pour les actionnaires la somme qui devra solder le renouvellement de la voie.

En supposant que les traverses dureront douze ans, et appliquant le calcul que nous venons d'indiquer, on trouvera que la réserve annuelle (divisée en deux paiements semestriels, l'un des deux tiers de la somme, et l'autre de un tiers) se divisera comme il suit :

DIVISIONS.	Double voie.	Par kilomètre et par an.	Total par an.	REMARQUES.
DIVISION DU SUD.	k.	fr. c.	fr. c.	
Ligne principale	181.05	1,439 65	260,648 63	En supposant qu'on enlève tous les dés.
Embranchements.	196.34	1,295 »	163,810 30	
DIVISION DU NORD.				
Ligne principale et embranchement dont l'entretien est à l'entreprise	223.70	387 08	86,589 80	
Bolton à Kenyon.	15.70	387 08	6,077 16	
Trent Valley.	79.66	387 08	30,834 79	En supposant qu'on entretienne comme sur les autres lignes de la Grande-Jonction.
MANCHESTER A BIRMINGHAM.				
Ligne principale	49.90	1,439 65	71,838 54	
Embranchement de Maclesfield.	14.50	1,295 »	18,777 50	
Total.	690.85	924 04	638,376 72	

Si l'on suppose que les traverses préparées comme on l'a

proposé dureront vingt ans (et nous adoptons sans hésiter cette supposition), la somme annuelle à mettre de côté, en faisant le paiement tous les six mois comme ci-dessus, se réduira comme on le voit dans le tableau ci-dessous :

DIVISIONS.	Double voie.	Par kilomètre et par an.	Total par an.
DIVISION DU SUD.	k	fr. c.	fr. c.
Ligne principale	181.05	1,114 75	201,825 49
Embranchements.	126.34	970 04	122,554 85
DIVISION DU NORD.			
Ligne principale	223.70	387 08	86,589 80
Embranchements.	15.70	387 08	6,077 16
Trent Valley	79.66	387 08	30,834 79
MANCHESTER A BIRMINGHAM.			
Ligne principale	49.90	1,114 75	55,626 03
Embranchements.	14.50	970 04	14,065 58
Total.	690.05	749 18	517,573 70

Si l'on garde les 65k.18 de dés en pierres sur la division du sud, on aura sur le total précédent une réduction d'environ 31,200 fr. par an. Cette somme servirait de compensation à la détérioration des voies de garage qui sont fatiguées, et ferait face aux éventualités.

DÉTÉRIORATION ACTUELLE DE LA VOIE.

Comme nous l'avons déjà dit, la voie, telle qu'elle est aujourd'hui, peut encore durer en moyenne environ douze ans et demi.

La première manière de se rendre compte de la détérioration actuelle est le prix total brut auquel nous pourrions faire

à nouveau une voie entièrement pareille à celle que nous avons maintenant, d'après les traités qui sont en cours d'exécution, et au moyen d'une somme payée tous les six mois pour égaler ce que nous dépensons aujourd'hui annuellement.

Nous donnons le calcul suivant de la somme nécessaire pour avoir une voie également bonne partout, en supposant que tous les renouvellements soient à la charge de la compagnie.

(*a*) 184ᵏ.27 posés sur dés (poids moyen général du rail, environ 33ᵏ.23 par mètre courant), à 16,777 fr. 38 c.. . . .	3,091,568 fr.
507ᵏ.74 posés sur traverses (poids moyen général du rail, environ 37ᵏ.71 par mètre courant), à 33,399 fr. 41 c. .	16,958,216
Total.	20,049,784 fr.

En supposant donc que la durée moyenne totale de la voie, si elle était neuve, fût de vingt ans, comme il a été établi plus haut, la valeur de l'usure qu'elle aurait déjà subie en moyenne pendant les sept premières années serait de 7,518,670 fr.

Cependant, comme les marchés d'entretien sur les lignes de la Grande-Jonction comprennent le renouvellement de tout ce qui entre dans la voie, même des rails et des coussinets, et que par conséquent la dépense totale brute pour la compagnie, avec de pareils marchés, pour le renouvellement d'un kilomètre de double voie (en rails de 42ᵏ.15), est seulement de 12,684 fr. 88 c., ainsi que nous l'avons vu plus haut, nous devons déduire du chiffre ci-dessus. . . . . 7,518,670 fr.
une somme de 3,062,130 fr. pour 241ᵏ.40 compris dans ce marché; nous devons aussi déduire une somme de 656,250 fr. qui a été mise de côté pendant les trois derniers semestres

A reporter 7,518,670 fr.

(*a*) Les dés sont considérés comme faisant partie du bien-fonds.

Report 7,518,670 fr.

pour le renouvellement des rails, soit une somme de. 3,718,380

Ce qui donne une somme de. . . . . 3,800,290 fr.

qui représente la somme dépensée pour faire face à la détérioration avant et depuis l'ouverture des lignes de la compagnie.

5e QUESTION.

Perfectionnements pratiques à apporter au système d'entretien ordinaire.

Nous allons examiner maintenant quels perfectionnements pratiques il est possible d'introduire dans notre système d'entretien.

Sur la division de la Grande-Jonction, la compagnie a passé un marché avec M. Allcard pour l'entretien et le renouvellement de la voie et des travaux d'art pour 2,563 fr. 21 c. par kilomètre pour la ligne de Liverpool à Manchester. Ce traité finit le 18 novembre 1852. Dans ce système, la dépense annuelle pour l'entretien a été la suivante :

Années	1 Entretien de la voie et des travaux d'art		2 Dépenses extraordinaires concernant tous les matériaux	3 Réparations des bâtiments des stations et des appareils des halles à marchandises	4 TOTAUX	Nombre de kilomètres	Dépense de l'entretien de la voie par kilomètre — en se servant de la colonne 1	Dépense totale par kilomètre — en se servant de la colonne 4
	à l'entreprise	en régie						
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	kil.	fr. c.	fr. c.
1843	617,500 »»	»	1,659 06	23,002 19	642,161 25	167.00	3,698 »»	3,845 »»
1844	617,500 »»	»	6,295 10	36,782 50	660,577 60	167.00	3,698 »»	3,956 »»
1845	502,360 31	319,271 04	Y compris tous les matériaux même les rails et les coussinets	38,546 98	860,178 33	237.40	3,503 »»	3,623 »»
1846	654,068 75	203,313 44		120,804 58	978,186 77	237.40	3,616 »»	4,120 »»
1847	654,068 75	147,285 »»		82,251 98	883,605 73	266.00	3,013 »»	3,322 »»
1848	654,068 75	149,725 73		66,925 10	870,719 58	266.00	3,022 »»	3,273 »»

Sur la division de Londres à Birmingham, il y a un marché pour l'extraction du ballast, sa traction, son chargement et son déchargement. C'est M. Madigan qui est l'entrepreneur. La Compagnie fournit le matériel roulant, ce qui vaut environ 825,000 fr., et se charge des ateliers et des hangars. M. Madigan lui paie l'intérêt de la valeur du matériel et une certaine somme pour le reste.

L'entrepreneur reçoit les prix suivants :

Pour la traction, par wagon et par kilom.	0 fr. 21 c.
Pour chargement et déchargement, y compris la fouille du ballast, par wagon.	3 12
Pour gravier passé à la claie, par wagon.	6 25
Pour l'usage d'une locomotive avec 12 wagons, y compris le salaire des mécaniciens et toutes les dépenses de traction, par jour.	112 50

Il paie l'intérêt à 5 p. 100 du matériel roulant, soit 41,250 f., et une somme annuelle de 5,250 fr. pour location des bâtiments.

Ensuite M. Cardus a un marché pour l'entretien de la ligne de Londres à Birmingham, ainsi que des embranchements d'Aylesbury, de Bedford et de Leamington, qui comprend la main-d'œuvre, le ballastage, le relèvement des éboulements, etc., aux prix suivants :

	Par kilomètre et par an.
De Londres à Wolverton.	2563 f. 21 c.
De Wolverton à Birmingham.	1925 45
Embranch. d'Aylesbury (une seule voie).	1087 03
Embranch. de Bedford.	2112 57
Embranch. de Leamington (une seule voie).	966 »

M. Brown a pris l'entretien de l'embranchement de Peterborough au prix de 1274 fr. 35 c. par kil. et par an.

Les réparations des tunnels, des ponts, des halles de marchandises, ainsi que de toutes les plaques tournantes et de tous les autres appareils des stations, ne sont pas comprises dans ce marché. Les réparations des bâtiments pour les voyageurs dans les stations sont faites suivant un autre système.

D'après ce système, la dépense d'entretien a été la suivante :

Années	1 Entretien de la voie et des travaux d'art seulement sur la ligne du West-London	2 Dégradation des tunnels et agrandissement des travaux d'art	3 Remplacement	4 Réparations des bâtiments des stations et des appareils des halles à marchandises	5 TOTAUX	Nombre de kilomètres	Dépense par kilomètre — en se servant de la colonne 1	Dépense par kilomètre — en se servant de la colonne 5
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	kil.	fr. c.	fr. c.
1843	1,075,717 92	50,000 »»	»	36,810 63	1,162,528 55	187.12	5,749 »»	6,215 »»
1844	1,101,867 39	75,000 »»	»	30,835 31	1,207,702 70	187.12	5,889 »»	6,454 »»
1845	1,096,209 17	75,000 »»	»	69,576 98	1,239,786 15	187.12	5,853 »»	6,626 »»
1846	998,567 08	75,000 »»	»	115,635 31	1,189,202 39	193.50	5,109 »»	6,146 »»
1847	939,400 »»	75,000 »»	125,000 »»	150,274 58	1,289,674 58	270.40	3,474 »»	6,770 »»
1848	925,350 73	50,000 »»	250,000 »»	135,293 44	1,360,644 17	286.11	3,125 »»	4,595 »»

Sur la section de Manchester à Birmingham, la Compagnie a fait elle-même l'entretien de la voie et des stations depuis 1844. La dépense a été la suivante :

Années.	1 Entretien de la voie et des travaux d'art.	2 Dépréciation.	3 Remplacement	4 Réparation des bâtiments des stations et des appareils des halles a marchandises.	5 Totaux.	Nombre de kilomètres	Dépense par kilomètre. — en se servant de la colonne 1.	Dépense par kilomètre. — en se servant de la colonne 5.
	fr. c.			fr. c.	fr. c.	kilom.	fr. c.	fr. c.
1844	62,533 »	»	»	7,241 04	69,796 04	50	1,251 »	1,396 »
1845	58,523 13	»	»	8,278 44	66,801 57	50	1,170 »	1,336 »
1846	60,321 14	»	»	24,705 83	85,026 97	50	1,206 »	1,701 »
1847	90,401 56	»	»	17,746 56	108,148 12	64.37	1,404 »	1,680 »
1848	83,955 10	»	»	26,122 81	110,077 91	64.37	1,304 »	1,710 »

Sur la section de Manchester à Birmingham (64^{k}·37 de longueur), l'entretien de la voie et des stations est dirigé par

M. Woodhouse; il est aidé par un surveillant à 2,000 fr. par an. La dépense totale annuelle pour ce service est de 5,250 fr.

Sur la division Sud (qui a maintenant 299^{k}·33 de double voie) l'entretien est confié à M. Dockray, comme ingénieur résident. Il est aidé par 9 surveillants, 2 commis pour prendre les attachements, 2 garde-magasins, 3 commis pour les écritures et 1 dessinateur. La dépense annuelle de ce service est de 34,681 fr., y compris les voyages, les fournitures de bureau et les menues dépenses.

M. Savill est chargé de l'entretien des bâtiments des stations pour les voyageurs. La dépense de ce service est de 3,000 fr. par an.

Sur la division de la Grande-Jonction, M. Norris est chargé de l'entretien de la voie, des travaux d'art et des stations. Il est aidé par un ingénieur assistant, un surveillant, un commis et un dessinateur. Comme M. Norris et ses principaux employés sont aussi chargés de diriger l'exploitation, il est difficile de dire exactement quelle partie de la dépense de ce personnel doit être affectée au service de la voie; on peut la porter à 16,250 fr. par an.

Il n'y a pas de doute que les dépenses de personnel et de bureau des divisions sont presque aussi économiques que possible dans les conditions actuelles de chacune de ces divisions.

S'il semble que le personnel soit proportionnellement plus nombreux dans la division du Sud que dans les autres, cela tient en partie aux travaux plus nombreux, et au trafic, qui est plus considérable sur cette division, et en partie au nombre d'entrepreneurs qu'il faut surveiller, et de plus il faut y joindre l'établissement de quelques constructions nouvelles dont il est chargé, tandis que dans les autres divisions de la ligne, ce service est fait par un autre personnel.

Nous avons vu que tous les systèmes d'entretien qui sont maintenant en usage en Angleterre sont employés sur les lignes du London and North Western railway.

Ainsi l'entretien est fait en régie sur la section de Manches-

ter à Birmingham ; sur la section de la Grande-Jonction, il est combiné avec le renouvellement sur une grande échelle ; sur la division du Sud, il est divisé en plusieurs services : 1° le ballastage et la traction ; 2° le relevage à l'entreprise ; 3° l'entretien des tunnels, des murs de soutenement, des halles de marchandises et des appareils de ces halles ; 4° l'entretien des bâtiments des stations affectés aux voyageurs.

Il est de notoriété publique que tous les entrepreneurs ont fait et font encore des bénéfices sur leurs marchés d'entretien ; il faut reconnaître aussi que toutes les fois qu'il y a un entrepreneur le personnel est double (à moins que le renouvellement de la voie n'entre dans le marché d'entretien, parce qu'alors l'entrepreneur est aussi intéressé que la Compagnie à la conservation des matériaux qui se détériorent le plus dans la voie). Personne ne dira qu'une Compagnie, en règle générale et pendant une longue période de temps, paie ou peut payer moins à l'entrepreneur des travaux d'art pour lesquels il y a peu de détérioration que le prix le plus bas que puissent coûter de pareils travaux, plus un bénéfice raisonnable pour l'entrepreneur.

Nous avons mis à l'épreuve le personnel des surveillants : ils sont très expérimentés et ils peuvent maintenant très bien diriger l'entretien de la voie. Il résulte de là et d'une expérience qui a été faite plus en grand que la dépense d'entretien de toutes les parties de la ligne a peu à peu diminué depuis 1843, quoique alors la ligne fût plus neuve et le trafic moins fort. Nous ne serons plus exposés maintenant à faire des marchés pour l'entretien et le renouvellement à des prix élevés, tant qu'il ne sera pas nécessaire de faire des renouvellements en grand.

Il semble donc résulter d'une expérience des divers systèmes qu'il faudrait ou faire en régie l'entretien sur toute la ligne et profiter de ce que donnerait la suppression du personnel double de l'entrepreneur, de ses bénéfices à lui et de l'intérêt de la somme mise de côté pour payer aux entrepreneurs les travaux qui ne sont pas faits immédiatement dans chaque

semestre, ou bien donner à l'entreprise l'entretien tout entier et le renouvellement de la voie, l'entretien des travaux d'art et des stations à un ou plusieurs entrepreneurs, pour des périodes d'au moins quinze ou vingt ans. Si l'on adopte le premier moyen, et que l'entretien soit fait avec beaucoup de soin, d'intelligence et d'économie de la part des agents de la Compagnie, comme on en trouve actuellement chez les entrepreneurs, nous ne voyons pas pourquoi, sur la dépense totale actuelle, on ne pourrait pas économiser plusieurs centaines de mille francs par an. D'un autre côté, si les marchés d'entretien sont faits à long terme, les entrepreneurs se contenteront d'un bénéfice annuel moins considérable. Toutefois cette question ne peut être résolue avant l'expiration de nos marchés actuels, qui doivent durer encore deux ou trois ans.

6e QUESTION.

Perfectionnements dans la construction de la voie.

Nos observations précédentes font voir pourquoi il est si important de donner à la voie partout la même puissance de résistance et de la disposer de manière qu'elle supporte partout le même effort; c'est ce but qu'il faut atteindre en perfectionnant le mode de sa construction.

Nous envisageons cette partie de la question seulement sous le rapport de l'économie relative des divers systèmes de construction. Ce qu'il nous faut, ce n'est pas une voie qui résiste le plus long-temps possible, mais c'est une voie dont le prix d'établissement et l'usure exigent le moins de dépense possible par an pour l'entretien; il faut que son renouvellement et l'intérêt des sommes engagées soient en raison des services qu'on lui demande, car il ne faut pas que le désir d'avoir une voie qui dure long-temps conduise à proposer un système de voie qui, pouvant prolonger la durée de son existence de 20 pour 100, accroîtrait la dépense première de 50 pour 100, ce

qui augmenterait proportionnellement ce qu'il faudrait payer tous les ans pour l'intérêt et la détérioration.

Pour les traverses, nous sommes unanimes pour vous recommander avec la plus vive instance de les imprégner à l'avenir de créosote, ou de les préparer par tout autre moyen aussi efficace, elles et les autres bois qui devront être placés dans la terre. De cette manière on peut employer des bois qui ne sont pas de première qualité. Cette préparation coûte de 11 fr. 04 c. à 14 fr. 73 c. par mètre cube. La compagnie a déjà une cuve sur la ligne du West London, sur les banquettes du canal de Paddington, dans laquelle on peut, quand elle est bien en train, préparer 2,500 traverses par semaine ; il y en a une autre à Runcorn, où l'on en peut préparer 5,000 par semaine. Il y a aussi des pompes et un autre appareil à Longsight que l'on peut mettre en service, si c'est nécessaire. Il faudra que les directeurs voient s'il ne serait pas convenable, dans le cas où l'on adopterait ce moyen, d'établir des cuves près des stations de Waterloo ou de Wapping à Liverpool, puisqu'on pourrait y acheter les bois à de bonnes conditions, et qu'on pourrait les préparer avant de les transporter sur un point quelconque de la division nord de la ligne.

La qualité du fer maintenant employé pour les chemins de fer demande la plus sérieuse attention. Les directeurs, pensant que les rails et les coussinets employés doivent, pour être solides et économiques, être du meilleur fer possible, ont pendant long-temps pris leurs fournitures entières dans les usines du Staffordshire, à l'exclusion de celles du pays de Galles et des autres pays, qui ont à plusieurs fois offert de fournir les matériaux voulus à des prix plus modérés que ceux que les fournisseurs de la Compagnie dans les Midland Counties. Malgré cette précaution, il y a tout lieu de craindre que la qualité du fer fourni ait été successivement moins bonne, et que, à moins que les mauvaises pièces n'aient été mises au rebut, quelques parties des voie neuves s'usent plus promptement qu'elles ne devraient. Parmi des rails récemment livrés par une usine du

Staffordshire, on en a trouvé qui, avec l'apparence d'une bonne nature et d'une bonne fabrication, étaient laminés à une grande profondeur après trois mois de pose seulement, tandis que d'autres, fournis dans le même district (quoique ce ne soit pas par la même usine) n'avaient pas, après douze ans de service, la moindre trace de laminage. Nous recommandons instamment de ne pas laisser livrer à l'avenir des rails sans une garantie de deux ans et de faire placer la marque ou le nom du fabricant sur chaque rail fourni. Nous conseillons aussi de reprendre l'habitude, malheureusement tombée en désuétude, d'essayer la résistance des rails avant leur sortie de l'usine, en leur faisant subir l'effort que le meilleur fer doit supporter, car, outre le soin que le fabricant est alors obligé de prendre, c'est réellement le seul moyen de connaître exactement la qualité et la ténacité du fer livré.

Quant aux modifications à apporter dans le système de construction de la voie, dans le gabarit, le poids du rail et des coussinets, M. Stephenson et M. Locke ont envoyé au conseil les rapports suivants pour l'éclairer.

29 mars 1849, Great George-street, n° 24.

Mark Huish, esquire.

« Mon cher Monsieur, quand M. Dockray m'a soumis son » rapport au sujet de la voie, après son voyage en Irlande, j'ai » pensé comme lui qu'il était convenable de faire une expé- » rience avec un rail américain lourd, en même temps qu'on » employait un système mixte de longrines et de traverses.

» Jusqu'à ce que le résultat de cette expérience soit connu » et qu'un ensemble des faits recueillis nous permette de com- » parer ce système avec celui qu'on emploie aujourd'hui, » c'est-à-dire des rails de 40 k. 66 par mètre, posés sur tra- » verses ordinaires, je ne pense pas que nous puissions nous » prononcer sur les avantages respectifs des deux systèmes » avec assez de certitude.

» Sans contredit, le système actuel est vicieux aux joints, à » ce point, que les extrémités des rails, qui sont placées dans les » coussinets de joint, se déforment, et déversent une partie » notable de l'effort sur le coin en bois, qui, par la flexibilité de » la matière, est dans l'impossibilité de résister: il s'ensuit » qu'aux extrémités des rails, les bords intérieurs s'écartent » plus ou moins de la ligne continue, et cela en raison de la » déformation que ces extrémités peuvent avoir éprouvée. »

» Dans les conversations que j'ai eues avec les défenseurs du » système des longrines avec rails américains, j'ai vu que tous » cherchent le moyen d'éviter l'imperfection qui se manifeste » aussi dans les joints.

» D'après ce que j'ai vu moi-même, je crois qu'en réalité » il y a très peu, pour ne pas dire du tout, de différence entre » les deux systèmes, soit pour le prix de premier établisse- » ment, soit pour l'entretien.

» L'opinion que pour de très grandes vitesses les longrines » sont préférables a, je le sais, gagné tu terrain parmi beau- » coup d'ingénieurs, et j'avoue que je suis porté à me ranger » à cet avis; cependant, je suis sûr que cette opinion tient à » ce que les défauts du système du rail à champignons avec » traverses ordinaires se présentent constamment à moi, tan- » dis que ceux du système des longrines ne me sont connus » qu'indirectement.

» Je me rappelle qu'il n'y a pas long-temps, en causant à » ce sujet avec M. Brunel, nous exprimions chacun notre opi- » nion, et quoique la différence entre les deux systèmes ne » soit pas très visible relativement aux joints, M. Brunel » pensait que le rail à champignon était meilleur, et moi de » mon côté je disais que le rail américain sur longrine était » préférable.

» Cette circonstance me fait penser que, même pour ce dé- » faut, commun aux deux systèmes, il n'y a pas une très » grande différence.

» Ainsi, avant que des considérations nouvelles, comme je

» l'espère, sortent des expériences de M. Dockray, je ne puis » pas dire s'il y a un système de construction meilleur que » celui que nous employons maintenant avec notre rail de » 40^{k} 66. »

» Je suis, mon cher Monsieur,
» Votre tout dévoué,
Signé : Robert Stphenson. »

Mars 1849, Londres, Adam-street, Adelphi, n° 11.

Marck Huish, esquire.

« Mon cher Monsieur, par votre lettre du 17 courant, pour » éclairer le conseil, vous me demandez de vous donner mon » opinion sur le gabarit et le poids des rails et le système de » construction qu'il faudrait employer sur la ligne du London » and North Western railway, en supposant que la vitesse et » le poids actuel des machines et des trains restent les mêmes » dans l'avenir.

» Tous ceux qui s'occupent des voies de chemin de fer se » sont fortement préoccupés de constater les défauts inhérents » à chacun des systèmes de construction. Ces défauts ont été » mis en évidence principalement par l'accroissement de la » vitesse et du poids des machines et des trains.

» Pour le moment je ne vous donnerai que le résultat de » ma propre expérience, qui peut être exprimé en peu de » mots comme il suit :

» Le système qui consiste à maintenir les rails avec des » coussinets, des coins et des chevillettes, soit sur des traver- » ses, soit sur des dés, et qui est suivi sur les lignes à petite » largeur de voie, quoique bon pour des vitesses modérées, » ne convient pas pour les machines lourdes et les trains » rapides qui circulent aujourd'hui. On remarque que les » joints se déversent, que les coins ne maintiennent pas soli- » dement les rails dans les coussinets, et que les coussinets ne

» sont pas solidement fixés sur les traverses par des chevil-
» lettes.

» Pour remédier à ces défauts ou à quelques uns d'entre
» eux, je crois qu'il faut arriver à se débarrasser de quelques
» unes de ces pièces. Le rail américain, qui supprime le coin
» et le coussinet, donne, pour éviter ces inconvénients, une
» plus grande facilité que toute autre forme de rail que je
» connaisse.

» Je pense qu'il n'est pas nécessaire de discuter la question
» des poids, quoique quelques personnes croient qu'il ne faut
» pas dépasser 37ᵏ par mètre courant; mais, comme mon opi-
» nion est que le moyen d'attache et de pose du rail est beau-
» coup plus important que son grand poids, qui peut varier
» selon la valeur commerciale du fer et la fantaisie des indi-
» vidus, je trouve bons les gabarits qui m'ont été envoyés,
» l'un d'un rail de 39ᵏ.69, qui vient d'être adopté par la com-
» pagnie du London and South-Western railway, et l'autre
» d'un rail de 44ᵏ.65, maintenant employé sur la section nord
» de votre ligne.

» Avec ces rails on peut employer des traverses ou des lon-
» grines; mais dans l'état actuel de nos connaissances je se-
» rais d'avis d'employer des longrines comme essai. Dans les
» deux cas, en boulonnant les extrémités des rails, soit sur
» une plaque, soit sur le coussinet même, en un mot en
» fixant plus solidement le rail qu'on ne le fait actuellement
» au moyen d'un coussinet et d'un coin, je crois qu'on aura
» des joints meilleurs et qui se maintiendront mieux.

» Pour fixer les points intermédiaires du rail, je pense que
» des vis à bois les maintiendraient mieux que des chevillettes
» ne le font, non seulement parce que la vis est meilleure
» qu'une simple chevillette, mais aussi parce que, ne subis-
» sant pas l'influence des secousses du coussinet et du coin,
» elle serait beaucoup moins dérangée.

» Tant que le coin est bon et le coussinet bien solide, l'ac-
» tion sur la chevillette est peu de chose; mais quand il se fait

» du jeu, les effets destructeurs du mouvement prennent beau-
» coup d'importance, et c'est ce qui m'amène surtout à désirer
» la suppression des pièces intermédiaires entre le rail et la
» traverse.

» Je ne vois pas d'inconvénient à ce que des rails améri-
» cains soient placés sur traverses ; mais, comme je l'ai déjà
» dit, je préférerais des longrines demi-rondes, et c'est ce
» mode de pose avec l'un des deux rails indiqués plus haut
» que je vous recommanderais d'adopter pour les motifs que
» je vous ai donnés.

» Il est très important que vous ne fassiez un pareil chan-
» gement que peu à peu et comme essai. Il serait bon, d'a-
» bord, d'examiner quelle longueur vous poseriez à la fois,
» quels points de la ligne vous choisiriez pour cela, et com-
» ment vous vous procureriez les matériaux, surtout les bois
» préparés.

» Quant à présent, je ne vous donnerai pas plus de détails,
» je crois vous en avoir dit assez pour vous faire connaître
» mon opinion ; je serais heureux de vous envoyer plus de dé-
» tails ou de vous entretenir à ce sujet, si vous trouviez que
» cela fût nécessaire.

» Je suis, mon cher Monsieur,
» votre tout dévoué,
Signé : JOSEPH LOCKE. »

Comme nous avons trouvé que ces rapports ne s'appliquaient pas spécialement à l'opération plus urgente du renouvellement, la lettre suivante a été adressée à M. Stephenson et à M. Locke.

"Euston station, 2 avril 1849.

« Mon cher Monsieur, votre rapport, ainsi que celui de
» M. Locke, sur les perfectionnements à apporter à la con-
» struction de notre voie, s'occupe plus du meilleur système
» de voie à essayer que du gabarit du rail et du coussinet et

» de la traverse qui sont généralement employés. J'ai l'hon-
» neur de vous dire que les directeurs ont décidé pour 1849 le
» renouvellement d'environ 64[k] de voie sur différents points
» des lignes de London and North-Western railway ; ils vou-
» draient que vous et M. Locke, d'accord avec les ingénieurs
» de la compagnie, vous leur indiquiez ce qu'il faut faire rela-
» tivement à ce grand renouvellement, qui est urgent, et en
» attendant le résultat des expériences qui se font en ce mo-
» ment. Les directeurs désireraient savoir quel poids et quelle
» forme de rail et de coussinet, quelle forme et quelles dimen-
» sions pour les traverses, vous seriez d'accord de lui recom-
» mander actuellement pour placer sur les grandes longueurs
» de voie qu'ils doivent remplacer immédiatement. J'espère
» donc qu'une opinion résumée par cette espèce de conseil
» pourra m'être remise avant notre réunion de la semaine
» prochaine, car c'est ce jour-là que les directeurs décideront
» sur quelles bases se fera le renouvellement de cette année,
» aussi bien pour l'entretien que pour les expériences sur une
» certaine longueur.

» Je vous envoie, pour vous éclairer, une copie du rapport
» de M. Locke (et à lui je lui en envoie une du vôtre), pour
» que vous connaissiez bien les opinions de chacun de vous et
» que vous puissiez vous entendre relativement à votre réu-
» nion.

» Je suis, mon cher Monsieur,
» votre tout dévoué,
Signé : MARK HUISH. »

A M. Robert STEPHENSON, Esquire, directeur principal.

A la suite de cette lettre, il y a eu une conférence entre M. Stephenson, M. Locke et nos ingénieurs résidents. La question du gabarit, du rail et du mode de renouvellement a été discutée à fond, et l'on a décidé enfin qu'on vous recommanderait de poser la voie dans les deux systèmes pour l'expéri-

menter, et, en même temps, qu'un rail à double champignon avec l'ancien modèle de 42k.17 par mètre courant posé sur traverses devait être adopté sur toutes les divisions de la ligne.

Voici le rapport sur cette partie de la question :

Londres, 21 avril 1849.

« Mon cher Monsieur, nous avons reçu votre lettre du 2 » courant par laquelle vous nous demandez un rapport commun » relativement au *poids et à la forme du rail et du coussinet, à* » *la forme et aux dimensions des traverses*, que nous recom- » manderons aux directeurs d'adopter sur les grandes lon- » gueurs de voie qu'ils vont renouveler.

» Comme nous l'avons déjà dit, notre intention était d'avoir » une conférence avec les ingénieurs résidents avant de pren- » dre une décision, et dans un court délai de vous la faire con- » naître. Après avoir conféré avec MM. Dockray, Norris et » Woodhouse, nous venons aujourd'hui vous faire connaître » notre opinion.

» Sans entrer dans des détails très minutieux, nous dirons, » quoique notre opinion relativement au vice du système d'at- » tache des rails sur les coussinets et sur les traverses ne soit » pas changée, que cependant l'avantage de pouvoir retour- » ner le rail (circonstance que présente seul le rail à double » champignon, si généralement employé sur les lignes du » London and North-Western railway) est d'une importance » telle, qu'elle nous a conduits à adopter cette forme. Néan- » moins, nous désirons qu'en même temps 3 kilomètres de » rails américains qui sont maintenant à l'extrémité sud de la » ligne, et les 11 kilomètres que vous avez commandés dans le » district Nord, soient posés dans la partie du chemin qui sera » jugée la plus convenable, une partie sur traverses et une au- » tre sur longrines. On pourra donc bientôt constater quelle » est la forme de rail et le système de pose qui offrent le plus » d'avantages.

» A l'exception de ces longueurs (14 kilomètres), nous re-

» commandons au conseil de continuer à employer le rail à » double champignon symétrique, pesant 42k.17 par mètre » courant, d'avoir des traverses de joint d'un cinquième plus » fortes que les traverses intermédiaires et de les préparer par » le procédé Bethell.

» Nous sommes vos tout dévoués,
» ROBERT STEPHENSON,
» JOSEPH LOCKE. »

A M. Mark HUISH, Esquire, Euston station.

Quant aux travaux d'art, nous avons constaté qu'ils sont en général en très bon état. Il n'y en a pas qui soient faits avec des matériaux qui se détruisent promptement, comme de grands viaducs en charpente. Les tunnels et les ponts sont en parfait état, et nous ne pouvons pas dire quelle limite on pourrait assigner à leur existence.

Valve à papillon servant